

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Engenharia Civil

**O USO EFICIENTE DA ÁGUA NOS EDIFÍCIOS DE
HABITAÇÃO**

Tiago Oliveira Cardoso

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil

Orientador: Doutor Miguel Pires Amado

Lisboa

2010

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Professor Miguel Amado pela disponibilidade que demonstrou logo de início em trabalhar comigo e pela escolha deste tema deveras interessante e importante para o futuro global.

Agradeço aos meus pais por terem apostado nos meus estudos ao longo destes anos todos. Devo-lhes um grande obrigado.

Agradeço à Sónia e ao Pedro por me terem deixado trabalhar neste projecto na sua empresa, foi muito produtivo trabalhar na vossa companhia.

Agradeço a todos os meus amigos, colegas e conhecidos pela ajuda que me deram e por me motivarem a acabar esta dissertação.

O USO EFICIENTE DA ÁGUA NOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

Resumo

O problema da falta de água potável envolve toda a população mundial e deve ser encarado como uma realidade inerente que tem que ser investigada e resolvida.

Nesta dissertação são analisadas as implicações que o consumo de água potável tem no Mundo e posteriormente as suas consequências em Portugal. De modo a focar o trabalho dentro da área da Engenharia Civil, estuda-se o consumo de água e a sua eficiência dentro dos edifícios, assim como, as medidas que contribuem para o aumento desta mesma eficiência, quer ao nível de dispositivos passivos, quer ao nível do reaproveitamento de águas, sejam águas pluviais ou residuais.

O estudo da eficiência do consumo de água nos edifícios de habitação divide-se pelos edifícios unifamiliares e edifícios multifamiliares, conseguindo assim discriminar quais as medidas mais eficientes para reduzir o consumo em cada um. Com base nesta divisão é possível verificar que o aproveitamento de águas pluviais é uma medida que consegue reduzir os consumos de água e que deve ser implementada em edifícios unifamiliares. Por outro lado, a reutilização de águas residuais demonstra que é possível reduzir e até obter um excedente de água para utilização em autoclismos e rega de espaços verdes adjacentes. Esta medida apesar de ser bastante eficiente implica estudos normativos de modo a dimensionar e garantir uma qualidade da água aceitável, ou seja, sem cor, sem cheiro e sem resíduos tóxicos para a população.

No último capítulo são descritas actividades, com o objectivo de aumentar a eficiência do consumo urbano, discriminadas pelas fases de intervenção do ciclo de vida do edifício e por fim apresenta-se um quadro que resume a metodologia de implementação dos vários sistemas eficientes.

Palavras-chave

Água, Águas Residuais, Águas Pluviais, Eficiência, Rizosférico, Ciclo Vida, Certificação, Dispositivos Eficientes

EFFICIENT USE OF WATER IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Abstract

The lack of drinking water involves the entire world population and should be viewed as an inherent reality that must be investigated and solved.

This dissertation analyzes the implications that the consumption of drinking water has in the world and its consequences in Portugal. In order to focus the work in the area of Civil Engineering, the thesis studies the consumption of water and its efficiency in buildings, as well as measures that contribute to an increased efficiency for this consumption, both in terms of passive devices as in terms of water reuse, could it be rainwater or waste water.

The study of the efficiency of water consumption in residential buildings is done separately for family buildings and for multifamily buildings, thus discriminating which are the most efficient measures to reduce consumption in each one. Based on this division it is possible to verify that the use of rainwater is a measure that can reduce water consumption and should be implemented in family buildings. Moreover, reuse of waste water shows that it is possible to reduce and even get a surplus of water for use in toilets and irrigation of green spaces adjacent. This measure despite being highly efficient needs normative studies in order to be properly dimensioned and ensure an acceptable water quality, i.e., colorless, odorless and without toxic waste to the population.

The last chapter describes activities with the aim of increasing the efficiency of urban consumption, separately for each one of the phases of the building life cycle and finally presents a table summarizing the implementation of the different methodologies proposed.

Keywords

Water, Wastewater, Rainwater, Efficiency, Rhizosphere, Life Cycle, Certification, Efficient Devices

ÍNDICE

1.	Introdução	1
1.1.	Objectivo	2
1.2.	Metodologia	2
2.	O Recurso Água	3
2.1.	O Processo de Desenvolvimento da Sociedade	3
2.2.	Água no Mundo	4
2.2.1.	Índices de Consumo de Água	6
2.2.2.	Proveniência da Água em Portugal	8
2.2.3.	Captação e Consumo de Água em Portugal	11
2.3.	O Sector da Construção em Portugal	15
2.3.1.	O Parque Habitacional em Portugal	16
2.4.	O Ciclo de Vida do Edifício	19
2.4.1.	A Utilização de Água no Sector da Construção	21
2.5.	Síntese de Capítulo	23
3.	Uso Eficiente de Água em Edifícios	24
3.1.	Programas Existentes para o Uso Eficiente de Água em Portugal	24
3.2.	Estudo da Eficiência do Consumo de Água em Edifícios de Habitação	29
3.2.1.	Análise de Perdas e Níveis de Pressão nos Sistemas Prediais de Distribuição de Água	35
3.2.2.	Dispositivos mais Eficientes - Autoclismos	37
3.2.3.	Dispositivos mais Eficientes - Chuveiros	39
3.2.4.	Dispositivos Existentes no Mercado Com Certificação	39
3.3.	Os Sistemas de Reaproveitamento da Água no Parque Edificado	44
3.3.1.	Águas Pluviais	44
3.3.2.	Águas Residuais	49
3.4.	Síntese de Capítulo	56
4.	Contribuição para o Uso Eficiente da Água em Edifícios	59
4.1.	O Uso Eficiente de Água nas Diferentes Fases do Ciclo de Vida do Edifício	60

4.1.1.	Fase de Projecto	60
4.1.2.	Fase de Construção	62
4.1.3.	Fase de Utilização	62
4.1.4.	Fase de Manutenção	63
4.1.5.	Monitorização	63
4.1.6.	Procedimentos de Utilização	64
4.2.	Quadro Resumo Aplicável às Fases do Ciclo de Vida do Edifício	65
5.	Conclusões	67
6.	Desenvolvimento Futuro	69
	Bibliografia	70
	Anexos	73
	ANEXO A – Edifícios Concluídos, segundo o Tipo de Obra e Destino da Obra, em Portugal, por NUTS II – 2002 a 2008, citado por Teixeira [20]	74
	ANEXO B - Medidas do Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água [14]	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Água doce disponível por sub-região em 2000 (1.000 m ³ per capita/ano) [3].....	5
Figura 2.2 – Água captada como percentagem da água total disponível (CR) em 1995 e 2025 [7].....	7
Figura 2.3 – Cadeia de valor do sector de serviços de águas e resíduos [9].....	9
Figura 2.4 – Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas [10].....	10
Figura 2.5 – Gráfico do consumo médio de água potável per capita no sector doméstico nos Países da União Europeia [12].....	11
Figura 2.6 – Distribuição de água captada pelos sectores urbano, agrícola e industrial	12
Figura 2.7 – Custos efectivos de utilização da água pelos diversos sectores.....	13
Figura 2.8 – Distribuição dos custos efectivos pelos sectores urbano, agrícola e industrial	13
Figura 2.9 – Estimativa de perdas de água em volume nos diferentes sectores	14
Figura 2.10 – Custos efectivos de perdas de água pelos diversos sectores.....	14
Figura 2.11 – Distribuição dos usos estritamente urbanos e perdas.....	15
Figura 2.12 – Taxa de variação do número de alojamentos (1991-2001) [16].....	16
Figura 2.13 – Construção nova de edifícios de habitação no período de 2002 a 2008	17
Figura 2.14 – Ampliação de edifícios de habitação no período de 2002 a 2008.....	18
Figura 2.15 – Alteração de edifícios de habitação no período de 2002 a 2008	18
Figura 2.16 – Reconstrução de edifícios de habitação no período de 2002 a 2008	18
Figura 2.17 – Ciclo de vida de um edifício.....	20
Figura 3.18 – Quadro síntese do sistema de distribuição de água [25]	27
Figura 3.19 – Exemplos de tubagens deficientes do sistema de distribuição [25]	28
Figura 3.20 – Meta de eficiência de utilização de água no consumo urbano 2001 – 2010 [14]	29
Figura 3.21 – Estrutura de consumos com usos exteriores [15]	32
Figura 3.22 – Estrutura de consumos sem usos exteriores [15]	32
Figura 3.23 – Autoclismo descarga dupla	38
Figura 3.24 – Tipos de Certificação ANQIP [32].....	40
Figura 3.25 – Rótulos de eficiência hídrica [32].....	41
Figura 3.26 – Categorias de certificação de chuveiros [32].....	41
Figura 3.27 – Categorias de certificação de torneiras de lavatório [32]	42
Figura 3.28 – Categorias de certificação de torneiras de cozinha [32].....	42
Figura 3.29 – Séries de precipitação no período 1900-2000, precipitação mensal média – Beja [33].....	45
Figura 3.30 – Séries de precipitação no período 1900-2000, precipitação mensal média – Lisboa [33]	45

Figura 3.31 – Séries de precipitação no período 1900-2000, precipitação mensal média – Porto [33]	45
Figura 3.32 – Exemplo de aproveitamento de águas pluviais em edifícios unifamiliares (catalogo GRAF) [34].....	49
Figura 3.33 – Exemplo de um sistema de tratamento de águas cinzas com o processo rizosférico [37]	54
Figura 3.34 – Arranjo de telhas usadas para a formação do substrato rizosférico [37]	55
Figura 3.35 – Iris Pseudocorus [38].....	55
Figura 3.36 – Juncus Trifidus [38]	55
Figura 3.37 – Cyperus Papyrus [38].....	56
Figura 3.38 – Typha Spp [38]	56
Figura 3.39 – Schoenoplectus Lacustris [38].....	56
Figura 3.40 – Acorus Calamus [38]	56
Figura 3.41 – Hedychium Coronarium [38].....	56
Figura 4.42 – Etapas do processo de intervenção	59

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Definição do índice crítico de água doce [6].....	6
Quadro 2.2 – Alojamentos familiares clássicos [19]	17
Quadro 2.3 – Água utilizada num edifício de escritórios durante o ciclo de vida ao longo de 50 anos [24]	21
Quadro 3.4 – Consumos mínimo doméstico de água nos edifícios [27]	30
Quadro 3.5 – Capitações médias de consumo urbano, por autor	30
Quadro 3.6 – Volume total anual nos sistemas urbanos de abastecimento [13].....	30
Quadro 3.7 – Capitações de consumo efectivo de água em edifícios unifamiliares e multifamiliares.....	33
Quadro 3.8 – Eficiência do consumo de água em edifícios (Valor médio)	34
Quadro 3.9 – Capitações padrão de consumo urbano em edifícios unifamiliares e edifícios multifamiliares.....	34
Quadro 3.10 – Repartição dos consumos médios diários [26]	35
Quadro 3.11 – Eficiência do consumo de água em edifícios.....	35
Quadro 3.12 – Perdas devido a fugas em torneiras/autoclismos [26]	36
Quadro 3.13 – Impacte de uma fuga no consumo mensal de água num agregado [26].....	36
Quadro 3.14 – Valores dos caudais face aos níveis de pressão [26].....	37
Quadro 3.15 – Redução do consumo de água pela adopção de autoclismos de 6l e 3l de volume de descarga [26]	38
Quadro 3.16 – Redução do consumo de água pela adopção de autoclismos de 4l e 2,5l de volume de descarga [26]	38
Quadro 3.17 – Redução de consumo em duches por utilização de chuveiro com emulsor/redutor de caudal [26]	39
Quadro 3.18 – Consumos diários utilizando dispositivos convencionais [32]	43
Quadro 3.19 – Consumos diários utilizando dispositivos categoria A [32]	43
Quadro 3.20 – Necessidades Mensais de água - Aproveitamento de Águas Pluviais (Edifícios Unifamiliares).....	46
Quadro 3.21 – Necessidades Mensais de água - Aproveitamento de Águas Pluviais (Edifícios Multifamiliares).....	46
Quadro 3.22 – Número de meses quentes por zonas, onde os valores mínimos de precipitação não são atingidos	47
Quadro 3.23 – Necessidades de água nos meses quentes - Aproveitamento de águas Pluviais (Edifícios Unifamiliares).....	48
Quadro 3.24 – Aproveitamento mensal de águas Residuais (Edifícios Unifamiliares).....	50

Quadro 3.25 – Consumo mensal pelo agregado familiar passível de substituição por águas residuais (Edifícios Unifamiliares).....	50
Quadro 3.26 – Aproveitamento mensal de águas Residuais (Edifícios Multifamiliares)	51
Quadro 3.27 – Consumo mensal pelo agregado familiar passível de substituição por águas residuais (Edifícios Multifamiliares)	52
Quadro 3.28 – Repartição dos consumos médios diários de água potável com aproveitamento de águas residuais.....	52
Quadro 3.29 – Quadro resumo de eficiência do consumo de água em edifícios unifamiliares	57
Quadro 3.30 – Quadro resumo de eficiência do consumo de água em edifícios multifamiliares	57
Quadro 4.31 – Metodologia de implementação de sistemas eficientes de consumo de água em edifícios unifamiliares e multifamiliares	66
Quadro A.32 - Edifícios Concluídos, segundo o Tipo de Obra e Destino da Obra, em Portugal, por NUTS II – 2002 a 2008 [20].....	74
Quadro B.33 – Medidas do PNUEA ao nível dos sistemas públicos [14].....	75
Quadro B.34 – Medidas do PNUEA ao nível dos sistemas prediais e de instalações colectivas [14].....	75
Quadro B.35 – Medidas do PNUEA ao nível dos dispositivos em instalações residenciais, colectivas e similares [14].....	75
Quadro B.36 – Medidas do PNUEA ao nível dos usos exteriores [14].....	76

1. INTRODUÇÃO

A água potável é um recurso limitado no planeta. A utilização deste recurso, essencial para a vida, encontra-se condicionada por várias ameaças, das quais as mais importantes são o aumento do consumo provocado pelo desenvolvimento das populações, o aumento da poluição e a deterioração das fontes causado pelo uso indevido dos solos e as alterações climáticas que originam diminuição da pluviosidade em algumas zonas do planeta.

Contudo a consciência de que se trata de um recurso vital origina actualmente um aumento do interesse sobre o seu uso racional. Isso implica a realização de estudos que pretendem quantificar a quantidade de água potável actualmente captada, a quantidade disponível e as perspectivas futuras. Estimula também o desenvolvimento de trabalhos sobre a forma como este recurso é usado e sobre os procedimentos a adoptar para que o seu uso seja o mais eficiente possível, isto é, para que o seu uso satisfaça a finalidade pretendida com o menor consumo possível.

É neste contexto que a presente dissertação se insere. Pretende-se estudar o uso eficiente da água em edifícios de habitação em Portugal. Para isso adopta-se o indicador definido no Programa Nacional para o Uso Eficiente de Água (PNUEA) que permite avaliar a eficiência de utilização da água, tornando directa e transparente a comparação entre metas e resultados obtidos.

O indicador adoptado traduz-se pelo quociente entre o consumo útil de água e a sua procura efectiva. A eficiência obtém-se na forma percentual, sendo que 100% correspondem a uma eficiência total, ou seja, a água que se consome é igual à água efectivamente necessária e indispensável para o bem-estar de cada um. Esta corresponde à água essencial para o uso quotidiano, quer seja em duches, lavagens de roupa, louça, autoclismos ou regas e lavagens exteriores, quer seja água para beber e é obtida através de uma análise cuidada aos padrões de consumo, tendo-se obtido um valor padrão.

Este indicador da eficiência da utilização da água mede até que ponto a água captada da natureza é utilizada de modo optimizado para a produção do serviço desejado nos sectores urbano, agrícola e industrial. Este trabalho irá focar-se exclusivamente no estudo da eficiência do consumo de água no sector urbano, mais propriamente no estudo da eficiência do consumo dentro dos edifícios, excluindo a eficiência do sistema de distribuição de água. O estudo propõe uma distinção das eficiências dos edifícios unifamiliares e edifícios multifamiliares de forma a conseguir prever quais são as melhores opções para reduzir os consumos de água dentro dos mesmos.

No final, é apresentado um quadro resumo onde se pretende explicar a metodologia para a implementação e aumento da eficiência dos consumos em edifícios habitacionais.

1.1. OBJECTIVO

Estudar o uso actual da água em edifícios habitacionais, unifamiliares e multifamiliares, e em seguida definir metodologias para obter consumos mais eficientes, quer ao nível dos equipamentos a adoptar, quer ao nível dos procedimentos a seguir durante todo o ciclo de vida do edifício.

1.2. METODOLOGIA

O trabalho apresentado decompõe-se em diferentes fases de execução. Numa primeira fase foram efectuadas pesquisas bibliográficas de forma a conseguir entender o problema e permitindo elaborar, numa segunda fase, um capítulo que explica a problemática do uso de água ao nível global e ao nível dos edifícios.

Numa terceira fase calcularam-se as eficiências do uso de água em edifícios habitacionais actuais e em edifícios onde sejam utilizados os dispositivos mais eficientes propostos, incluindo o aproveitamento de águas pluviais e residuais.

Na quarta fase do trabalho foram esquematizadas as contribuições deste trabalho para o uso eficiente de água em edifícios, discriminadas pelas diferentes fases do ciclo de vida do edifício.

A dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos.

No primeiro é feito o enquadramento do tema tratado, enunciados os objectivos e descritos, de forma resumida, os conteúdos dos vários capítulos.

No segundo capítulo é analisado o estado actual do consumo de água no Mundo e tecidas considerações sobre as perspectivas futuras quanto a esse consumo. Em seguida é analisada a situação portuguesa, descrevendo-se a utilização no sector da construção.

O terceiro capítulo analisa os programas existentes que tenham como objectivo melhorar a eficiência do uso de água em Portugal e estudam-se todas as medidas e dispositivos que poderão contribuir para essa finalidade.

No quarto capítulo apresentam-se as principais contribuições deste trabalho, sendo analisadas várias soluções eficientes para uso de água em habitações e para diferentes fases do ciclo de vida do edifício sistematizadas num quadro resumo.

No quinto capítulo são apresentadas as principais conclusões deste trabalho e no sexto o desenvolvimento que mesmo poderá ter no futuro.

2. O RECURSO ÁGUA

Neste capítulo pretende-se dar a conhecer ao leitor o desenvolvimento e proporções que o problema da água tem vindo a adquirir em todo o Mundo, permitindo estabelecer o contexto em que este trabalho é realizado. Pretende-se também compilar os dados estatísticos disponíveis que possibilitem o estudo quantitativo realizado no capítulo seguinte, de que são exemplo os consumos e captações de referência.

Reduzindo a escala ao nível de Portugal, descreve-se um pouco do desenvolvimento e caracterização do parque habitacional existente, os recursos consumidos na construção bem como em todo o ciclo de vida de um edifício tipo, e analisa-se quais as fases onde o dispêndio de água é mais elevado e onde será possível reduzir os seus gastos.

Numa breve descrição são comentados e dados a conhecer alguns regulamentos e normas portuguesas referentes ao tema, assim como outros de países desenvolvidos onde o uso eficiente de água já é contabilizado e tido em conta há alguns anos.

2.1. O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE

Actualmente o conceito de desenvolvimento sustentável apresentado por Brundtland em 1987 assume uma importância fundamental. Este conceito considera que o desenvolvimento das sociedades deve estar associado à capacidade da Humanidade garantir que responde às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de assegurarem as suas próprias necessidades. O desenvolvimento sustentável não é um estado fixo de harmonia, mas antes um processo de mudança no qual a exploração de recursos, a direcção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais são compatibilizadas com as necessidades futuras e com as presentes, citado por Pinheiro [1].

Sendo a água doce um recurso fundamental à vida, é de enorme importância a preservação da mesma para as gerações futuras. O incremento no consumo que se verifica actualmente não é sustentável e esse facto implica que sejam tomadas medidas adequadas de modo a que a exploração e o uso deste recurso seja mais eficiente, citado por Brundtland [2].

2.2. ÁGUA NO MUNDO

A água é uma necessidade básica para os seres humanos e para os ecossistemas que dela dependem. Tem propriedades que lhe são características e únicas, é incolor, inodora, não tem cheiro, pode ser encontrada na Natureza em três estados, sólido, líquido e gasoso, é um bom solvente, entre outras. A disponibilidade de água é fundamental para o bem-estar do Mundo, o ciclo da água é o motor de toda a vida na Terra.

O volume total de água na Terra é de cerca de 1.400 milhões de km^3 dos quais 2,5%, ou seja, 35 milhões de km^3 é água doce. A maior parte da água doce está sob a forma de gelo, seja em neve ou em icebergs, e localiza-se maioritariamente na Antártida e Gronelândia ou em lençóis freáticos a grandes profundidades.

As principais fontes de água doce que o Homem utiliza, são lagos, rios, águas no solo e aquíferos subterrâneos. Destas fontes só se conseguem aproveitar cerca de 200.000 km^3 , menos de 1% da água doce existente na Terra ou 0,01% da água do Planeta. Grande parte desta água disponível está longe das populações, complicando assim as questões relativas ao seu uso.

O reabastecimento de água doce depende da evaporação da superfície dos oceanos que representa anualmente uma camada com 1,4 metros de espessura, cerca de 505.000 km^3 . O reabastecimento depende ainda da evaporação da água que se encontra no solo, cerca de 72.000 km^3 . Sabendo que 80% da água das chuvas, cerca de 458.000 km^3 /ano, precipita nos oceanos, sobram aproximadamente 119.000 km^3 /ano que precipitam no solo. Fazendo a diferença entre a água que precipita na superfície do solo e a água que evapora dessas mesmas superfícies anualmente (119.000 km^3 menos 72.000 km^3), obtém-se aproximadamente 47.000 km^3 de água que anualmente se infiltra no solo restaurando os lençóis freáticos a grandes profundidades.

A água é um recurso limitado do planeta Terra e não está distribuída uniformemente, mais de metade da água infiltra-se na Ásia e América do Sul, e uma grande fracção ocorre num único rio, o Amazonas, que transporta cerca de 6.000 km^3 de água por ano (Figura 2.1), citado por UNEP [3].

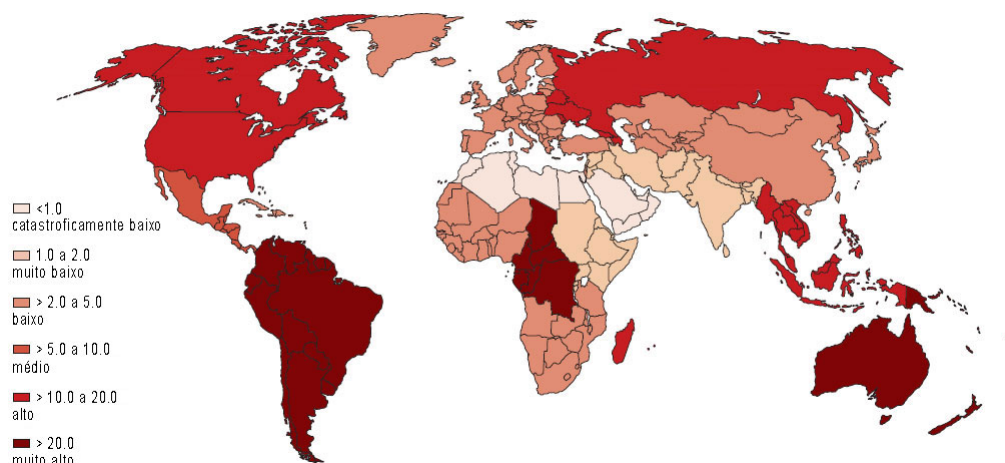


Figura 2.1 – Água doce disponível por sub-região em 2000 (1.000 m³ per capita/ano) [3]

Sendo a água um bem de todos e essencial à vida, recentemente as tendências demográficas despertaram uma preocupação sobre o impacto da população humana num elemento crítico do ambiente – água potável.

No final dos anos 80, a preocupação com uma potencial crise da água começou a crescer. Muita dessa preocupação resultou de literatura sensacionalista que tinha um ponto de vista alarmante. Inúmeras reportagens sobre a crise da água não mencionavam a natureza dos recursos de água do local ou região e a relação entre o fornecimento e a procura. Um número de factores que suportam a afirmação, de que a Terra vai a caminho de uma crise de água são citados em seguida:

- A população humana continua a crescer;
- O consumo de água está a ultrapassar o crescimento da população;
- A água disponível per capita está a diminuir;
- Existe menos água limpa e potável disponível no Mundo.

Os cálculos sobre os recursos de água existentes baseiam-se em factores que são difíceis de medir. É importante considerar o seguinte:

- O fornecimento e procura de água são difíceis de medir com precisão;
- A gestão da água tem um papel importante na procura e fornecimento da água;
- As previsões da população variam constantemente.

Dadas estas limitações, as previsões para a falta de água podem ser sobrestimadas. Deve-se salientar contudo, como se verifica na Figura 2.1, que este problema não tem a

mesma gravidade em todas as zonas do globo terrestre. Ao mesmo tempo o risco de existir falta de água continua, citado por Boberg [4]

2.2.1. ÍNDICES DE CONSUMO DE ÁGUA

Prevê-se actualmente que o fornecimento de água potável às populações vai tornar-se um problema de grande importância nas próximas décadas, citado por OCDE [5]. As alterações climáticas sob a forma do aumento do nível do mar, os estragos das tempestades e o acentuado efeito das estações do ano, como as cheias no Inverno e as secas no Verão, vão reduzir a certeza e aumentar a vulnerabilidade dos recursos de água.

De modo a avaliar se a quantidade de água disponível chega para abastecer a população de uma zona geográfica, utilizam-se os conceitos de índice crítico de água doce (CI) e rácio crítico (CR). O rácio crítico obtém-se dividindo a quantidade de água potável utilizada pela quantidade disponível numa bacia hidrográfica. Os valores deste rácio variam entre quase zero em bacias hidrográficas escassamente povoadas onde o uso da água é pequeno comparado com a disponibilidade e quase 1 (ou 100%) em bacias situadas em zonas áridas onde o uso da água quase atinge a sua disponibilidade.

Relacionando esta relação com a disponibilidade de água per capita, obtém-se o índice crítico de água doce que descreve o grau de escassez de água na bacia hidrográfica. Este índice pode assumir os valores 1 a 4, conforme o Quadro 2.1, citado por Alcamo [6].

Quadro 2.1 – Definição do índice crítico de água doce [6]

Água disponível per capita (m ³ /cap.ano)	Rácio crítico (consumo / disponibilidade)			
	< 0,4	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8	> 0,8
< 2000	2	3	4	4
2000 - 10000	1	2	3	4
> 10000	1	1	2	4

1: excesso de água

2: marginalmente vulnerável

3: stress hídrico

4: escassez de água

Estima-se que em 2025 o consumo de água terá um aumento de 30% nos países subdesenvolvidos e mais de 10% nos países desenvolvidos. As populações que vivem em áreas de stress hídrico aumentarão para o dobro no período de 1995-2025, e por volta de

2030 cerca de dois terços dos habitantes do Mundo poderão experimentar um nível moderado a alto de stress hídrico. As regiões mais afectadas serão o Médio Oriente, o Norte de África, África do Sul, Sul da Ásia e partes da China. Em algumas destas regiões, muitos países não estão bem equipados para lidar com esta situação.

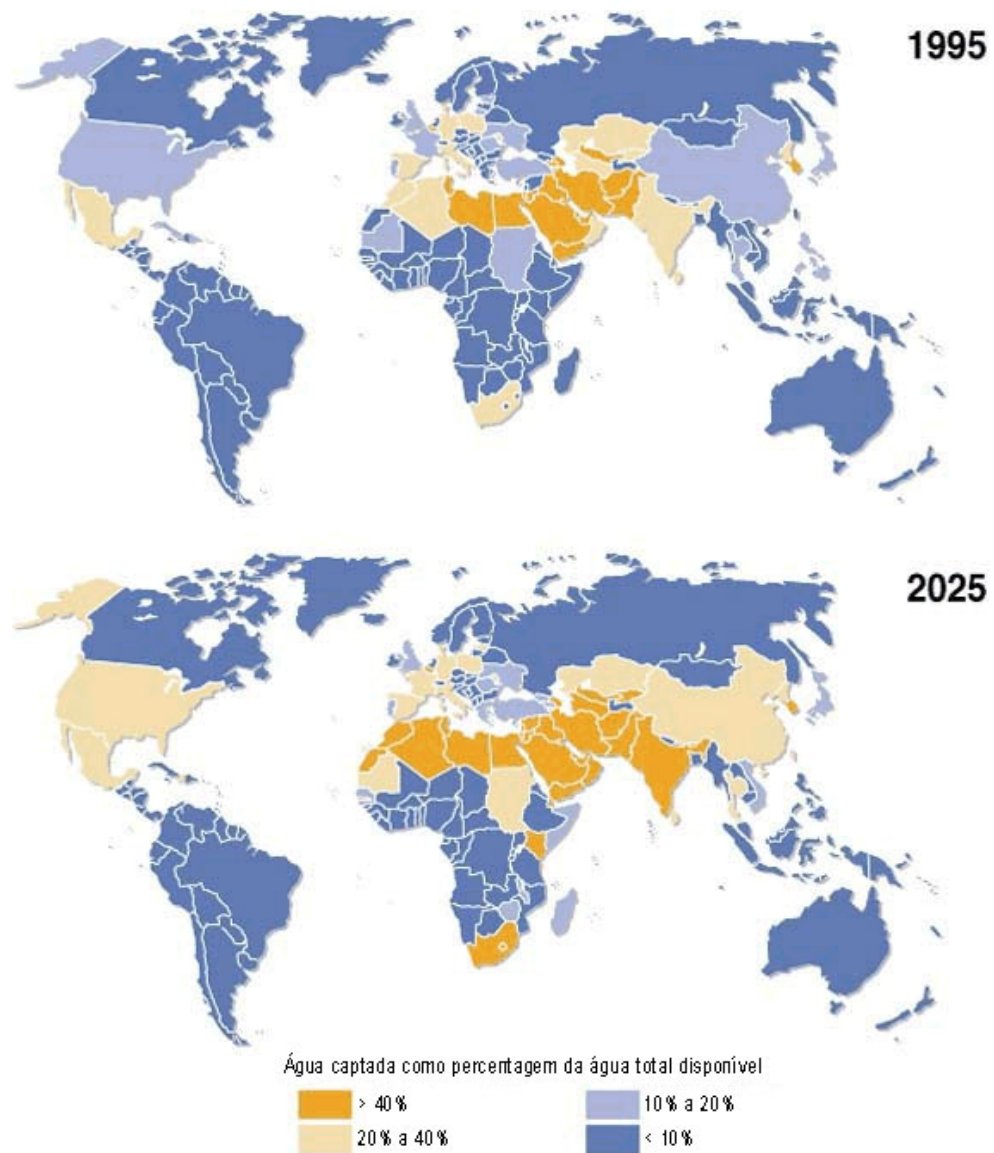


Figura 2.2 – Água captada como percentagem da água total disponível (CR) em 1995 e 2025 [7]

Verifica-se que este problema pode ser agravado porque os grandes recursos de água são partilhados entre países. Existem mais de 250 bacias fronteiriças internacionais, contendo cerca de 60% da água potável da Terra. A competição pela escassez dos recursos, combinada com a diminuição da qualidade e quantidade da água, pode exercer uma influência destabilizadora no desenvolvimento das regiões, citado por OCDE [5].

2.2.2. PROVENIÊNCIA DA ÁGUA EM PORTUGAL

Os sistemas de abastecimento de água em Portugal são estritamente destinados à água para consumo humano. Situações de reutilização são limitadas, sendo a rede pública de distribuição destinada de água não potável praticamente inexistente.

A água destinada ao consumo humano, de acordo com o Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de Agosto, é toda a água no seu estado original ou após tratamento, destinada a ser bebida, a cozinhar, à preparação de alimentos, à higiene pessoal ou a outros fins domésticos, independentemente da sua origem e de ser fornecida a partir de uma rede de distribuição de um camião ou navio cisterna, em garrafas ou outros recipientes, com ou sem fins comerciais. É também toda a água utilizada numa empresa da indústria alimentar para fabrico, transformação, conservação ou comercialização de produtos ou substâncias destinados ao consumo humano, assim como a utilizada na limpeza de superfícies, objectos e materiais que podem estar em contacto com os alimentos, excepto quando a utilização dessa água não afecta a salubridade do género alimentício na sua forma acabada.

Os requisitos de qualidade de água para consumo humano têm vindo a ser mais exigentes nas últimas décadas, afectando naturalmente os custos de produção.

Neste contexto, importa considerar alternativas de utilização de água não potável, eventualmente com custos menores, em que a qualidade seja compatível com o uso a que se destina, citado por Canha [8].

Na Figura 2.3 apresentam-se as várias actividades da cadeia de valor do sector de serviços de águas e resíduos, assinaladas de acordo com o seu âmbito, e que correspondem ao correntemente designado “saneamento básico”.

Do ponto de vista de evolução tecnológica, importa referir a passagem por um primeiro estágio, que durou até meados do século XX, em que as massas de água foram frequentemente utilizadas sem salvaguarda da sua capacidade de regeneração, levando nomeadamente à sobre-exploração de alguns aquíferos e rios e à degradação da qualidade das águas superficiais.

Tradicionalmente, a gestão do abastecimento de água teve como objectivo prioritário salvaguardar a oferta, muitas vezes sacrificando a qualidade em detrimento da quantidade. Muitas das infra-estruturas criadas foram concebidas para necessidades de água superiores às reais exigências. Essa realidade, que ainda permanece, tem vindo a ser substituída por uma gestão mais eficiente, fruto não só de imposições legais, como as resultantes da Directiva Quadro da Água, mas também da consciencialização de que os desperdícios têm associada uma dimensão ambiental e económica não negligenciável. Desta forma, as

medidas de promoção de uso eficiente que actuem do lado da procura têm ganho uma maior preponderância, citado por RASARP [9].

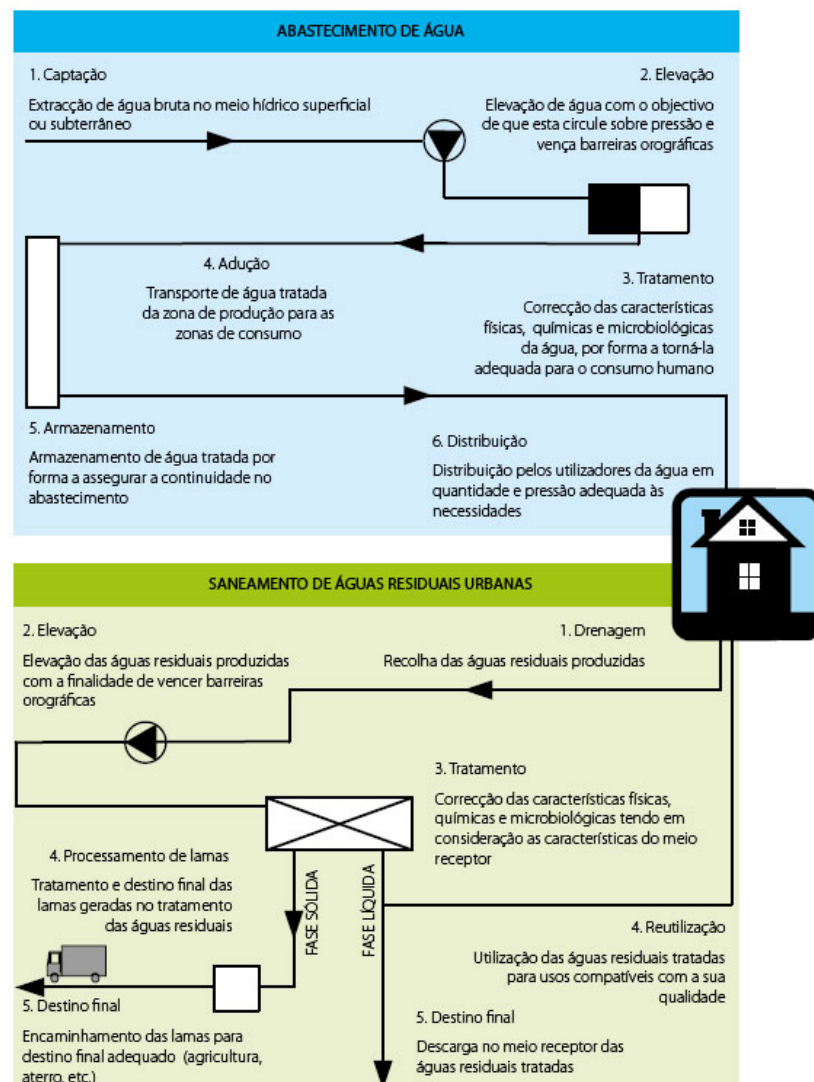


Figura 2.3 – Cadeia de valor do sector de serviços de águas e resíduos [9]

No que respeita a origens de água, Portugal regista uma disponibilidade média suficiente para as necessidades dos diferentes usos. Todavia, regista-se uma elevada assimetria regional e temporal da disponibilidade de água, tendo como consequência a necessidade de criar reservas de água que permitam ultrapassar os períodos de escassez.

Considerando os dados disponíveis no INSAAR, relativos ao ano de 2006, são utilizadas 6 945 captações de água no País, sendo que cerca de 94% são subterrâneas. Todavia, embora em número existam muito mais captações subterrâneas, em 2007, segundo a informação

disponível no domínio do controlo da qualidade da água para consumo humano, cerca de 68,5% da água colocada na rede para abastecimento provinha de origens superficiais.

Isto significa que, ao nível das origens de água, tem-se registado um progressivo aumento da utilização das massas de água superficiais, designadamente com a construção de grandes infra-estruturas hidráulicas para armazenamento, citado por RASARP [9].

Sabe-se que as grandes infra-estruturas hidráulicas para armazenamento de águas superficiais destinadas ao consumo humano dependem do caudal dos rios mas também da sua origem e do percurso seguido a montante da infra-estrutura. Em alguns casos é necessário tomar em consideração o facto das águas superficiais procederem de Espanha, Figura 2.4.

No espaço territorial das regiões hidrográficas partilhadas por Portugal e Espanha, convivem realidades muito diversas que por vezes não são perceptíveis numa análise superficial, não sendo transmitidas por meros dados estatísticos.



Figura 2.4 – Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas [10]

Contudo, importa referir alguns desses dados. Assim, as cinco regiões hidrográficas luso-espanholas, com os seus 264 000km², ocupam cerca de 18% do território da União Europeia e 45% do território da Península Ibérica. Apenas 22% dessa área está situada em Portugal, ficando 78% em Espanha. Contudo esses 22% da área das bacias luso-espanholas localizadas em Portugal correspondem a 64% (quase dois terços) da área do país! Os 78% localizados em Espanha correspondem a 42% do seu território.

Ainda mais expressivos do que as dimensões territoriais, são os valores dos recursos hídricos associados às bacias luso-espanholas. Os volumes de água, em forma de

escoamento de superfície ou de recarga de aquíferos no espaço ibérico, estão avaliados em 175 200hm³ médios anuais. Desses recursos, 76 300hm³ (ou seja 44%) ocorrem nas bacias luso-espanholas, sendo cerca de 24 400hm³ em Portugal e 51 900hm³ em Espanha. Todavia, a parcela espanhola representa 37% das suas disponibilidades hídricas nacionais, enquanto a parcela portuguesa representa 68% das disponibilidades hídricas totais de Portugal. No que se refere apenas à componente superficial, os recursos hídricos afluentes de Espanha representam, em média, cerca de 50% dos recursos superficiais totais. Compreende-se, assim, a importância atribuída a um bom relacionamento com o País vizinho também neste domínio, citado por Correia [11].

2.2.3. CAPTAÇÃO E CONSUMO DE ÁGUA EM PORTUGAL

A Figura 2.5 apresenta valores médios do consumo de água por dia por pessoa em vários países da União Europeia. Verifica-se que Portugal, com uma captação média no sector doméstico de 161 l/hab.dia, ostenta um valor que se aproxima muito do valor médio dos países analisados, 157 l/hab.dia.

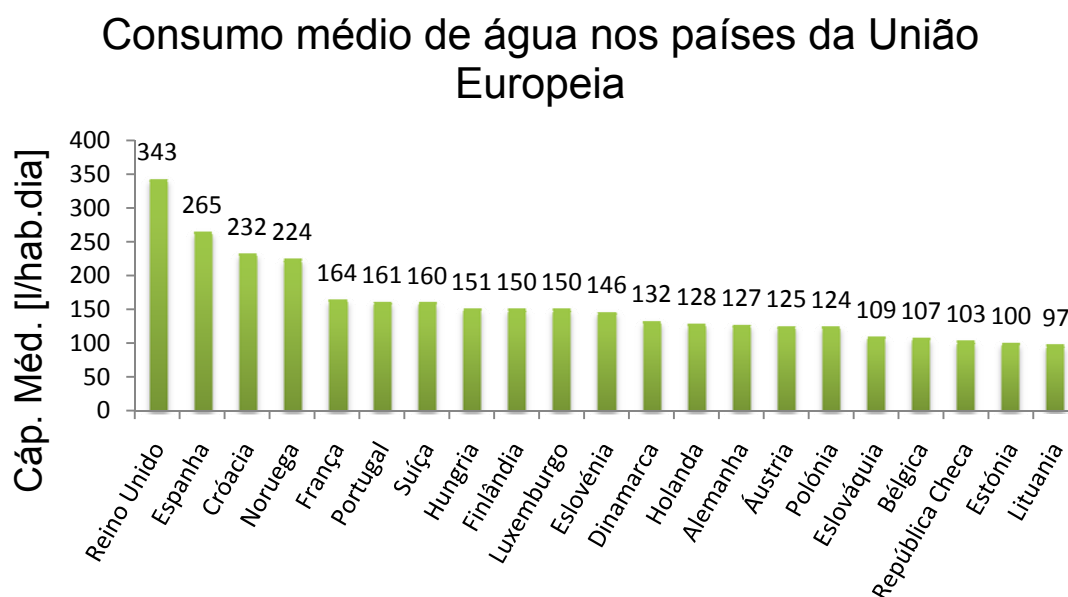


Figura 2.5 – Gráfico do consumo médio de água potável per capita no sector doméstico nos Países da União Europeia [12]

Este valor da captação aproxima-se muito do valor de 154 l/hab.dia que surge no Relatório do INSAAR [13] e do valor de 170 l/hab.dia indicado no relatório de Melo Batista [14].

Verifica-se que o Reino Unido, Espanha, Croácia e Noruega apresentam capitações acima da média com valores superiores a 200 l/hab.dia. Destacam-se ainda a Eslováquia, Bélgica, Republica Checa, Estónia e Lituânia com valores inferiores a 110 l/hab.dia.

A água é um recurso indispensável à grande maioria das actividades económicas, nomeadamente da agricultura e da indústria, com uma influência decisiva na qualidade de vida das populações, nomeadamente nas áreas do abastecimento de água e da drenagem e tratamento de águas residuais, que têm forte impacto na saúde pública.

A quantidade de água captada em Portugal está actualmente estimada em cerca de $7\,500 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, a que corresponde um valor global provável para a sociedade de $1\,880 \times 10^6 \text{ €/ano}$, tendo por base os custos reais da água, o que representa 1,65% do Produto Interno Bruto português, estimado pelo Ministério das Finanças para o ano 2000 em $114\,000 \times 10^6 \text{ €}$, citado por Batista [14].

Em termos de procura por sectores, e tendo por base o Plano Nacional da Água, verifica-se que a agricultura é claramente o maior utilizador de água em Portugal, com um volume total de cerca de $6\,550 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (87% do total), contra $570 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ no abastecimento urbano às populações (8% do total) e $385 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ na indústria (5% do total).

Distribuição de água captada pelos sectores urbano, agrícola e industrial

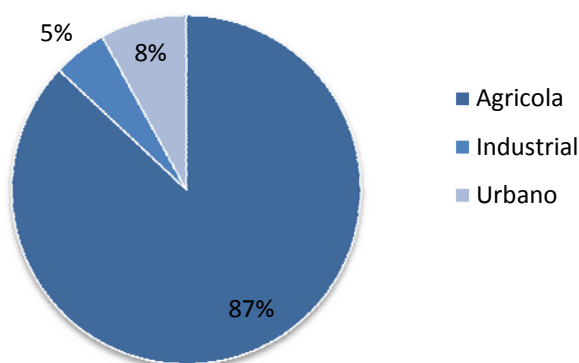


Figura 2.6 – Distribuição de água captada pelos sectores urbano, agrícola e industrial

Atendendo à reduzida parcela que o consumo de água potável no sector doméstico representa no consumo total de água, poderia considerar-se não ser importante adoptar medidas para melhorar a eficiência do uso da água neste sector. Contudo verifica-se que a

água potável é uma água tratada de elevada qualidade. Por isso os custos de captação, tratamento e transporte são muito mais significativos.

Comparando os custos efectivos de utilização da água pelos diversos sectores, verifica-se que o sector urbano passa a ser o mais relevante com 875×10^6 €/ano, correspondendo a 46% do total, seguido da agricultura com 524×10^6 €/ano, 28% do total, e da indústria com 484×10^6 €/ano, 26% do total, citado por Batista [14].



Figura 2.7 – Custos efectivos de utilização da água pelos diversos sectores

**Distribuição dos custos efectivos
pelos sectores urbano, agrícola e
industrial**

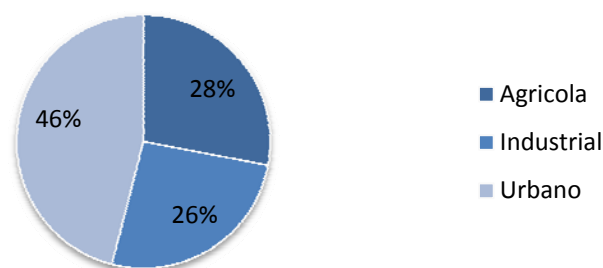


Figura 2.8 – Distribuição dos custos efectivos pelos sectores urbano, agrícola e industrial

Nem toda a água captada é efectivamente aproveitada, na medida em que há uma parcela importante associada a perdas relativamente à água que é efectivamente captada. Trata-se portanto de uma componente que tem custos para a sociedade mas não lhe traz benefícios. Estes elevados volumes indiciam assim potenciais de poupança muito importantes.

Em termos de oportunidades de poupança de água nos diversos sectores, estima-se que as perdas totais sejam na ordem dos $3100 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, das quais verifica-se que à agricultura correspondem perdas totais de cerca de $2750 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (88% do total), contra $240 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ no abastecimento urbano às populações (8% do total) e $112 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ na indústria (4% do total).

Estimativa de perdas de água em volume nos diferentes sectores

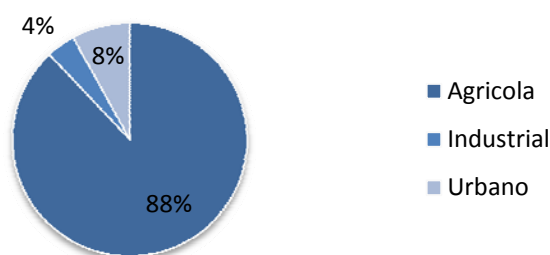


Figura 2.9 – Estimativa de perdas de água em volume nos diferentes sectores

Calculando agora o valor económico dessas perdas, verifica-se que o sector urbano passa a ser o mais relevante com $369 \times 10^6 \text{ €/ano}$ (51% do total), seguido da agricultura com $219 \times 10^6 \text{ €/ano}$, correspondendo a 30% do total, e da indústria com $140 \times 10^6 \text{ €/ano}$, ou seja, 19% do total, num total de $728 \times 10^6 \text{ €/ano}$. Os custos associados a perdas representam 39% do valor global estimado da água captada em Portugal e 0,64% do Produto Interno Bruto nacional, citado por Batista [14].

Custos efectivos de perdas de água pelos diversos sectores

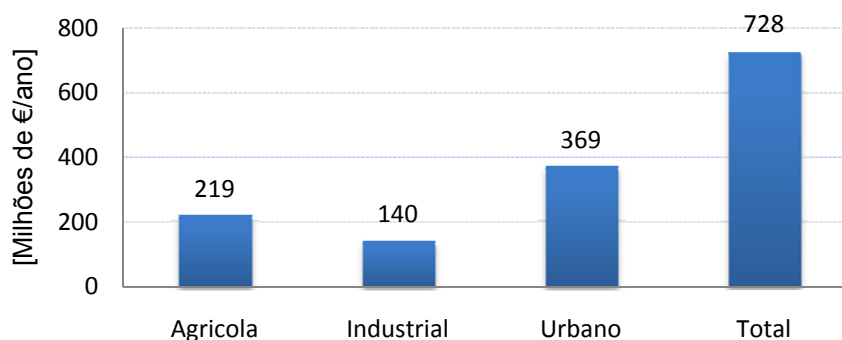


Figura 2.10 – Custos efectivos de perdas de água pelos diversos sectores

Verifica-se por isso, analisando os gráficos das Figuras, que apesar do consumo de água em meio urbano ser cerca de dez vezes menor que o consumo agrícola, o custo associado é mais elevado.

Os caudais fornecidos nos sistemas de abastecimento públicos a usos que se poderão designar estritamente urbanos, destinam-se, em média, em 45%, 9% e 6%, respectivamente, a consumos domésticos, comerciais e públicos, estando os 40% remanescentes associados a perdas (Melo Baptista et al., 2001), citado por Almeida [15].

Distribuição dos usos estritamente urbanos e perdas

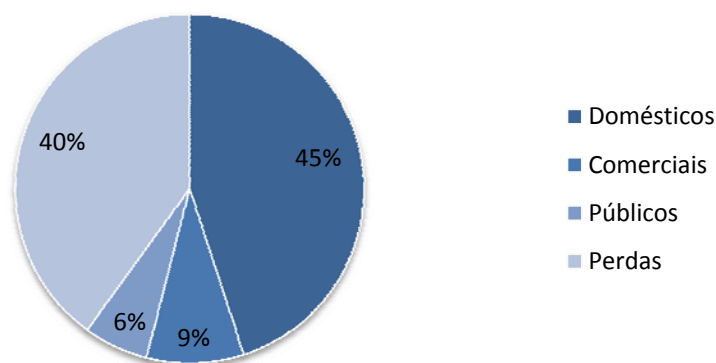


Figura 2.11 – Distribuição dos usos estritamente urbanos e perdas

Como as perdas estimadas nos dois sectores são semelhantes, 41% no sector agrícola e 40% no sector urbano, obtêm-se custos associados às perdas mais elevados no sector urbano do que no sector agrícola, confirmando assim que o sector urbano representa uma parcela importante nos custos e por isso é importante estudar formas de melhorar a eficiência do uso de água neste sector.

2.3. O SECTOR DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL

Nesta secção aprofunda-se o tema do consumo de água no sector da construção em Portugal, nomeadamente no parque habitacional existente. Para isso são descritos os recursos utilizados na construção de um novo edifício e durante o seu ciclo de vida.

Por fim é realizada uma breve conclusão sobre a água utilizada nestes processos.

2.3.1. O PARQUE HABITACIONAL EM PORTUGAL

No nosso país, o ritmo construtivo, que nos anos 60 e 70 era bastante inferior ao da restante Europa, intensificou-se bastante na década de 90, o que implicou que o parque edificado nacional apresente actualmente, valores semelhantes aos da média europeia.

Entre 1970 e 1999, mais de 2 milhões de unidades habitacionais foram construídas, mas foi na década de 90 que o crescimento do sector foi mais elevado, registando-se um crescimento anual médio de 6% do Valor Acrescentado Bruto, por exemplo no Sector da Habitação, citado por Pinheiro [1].

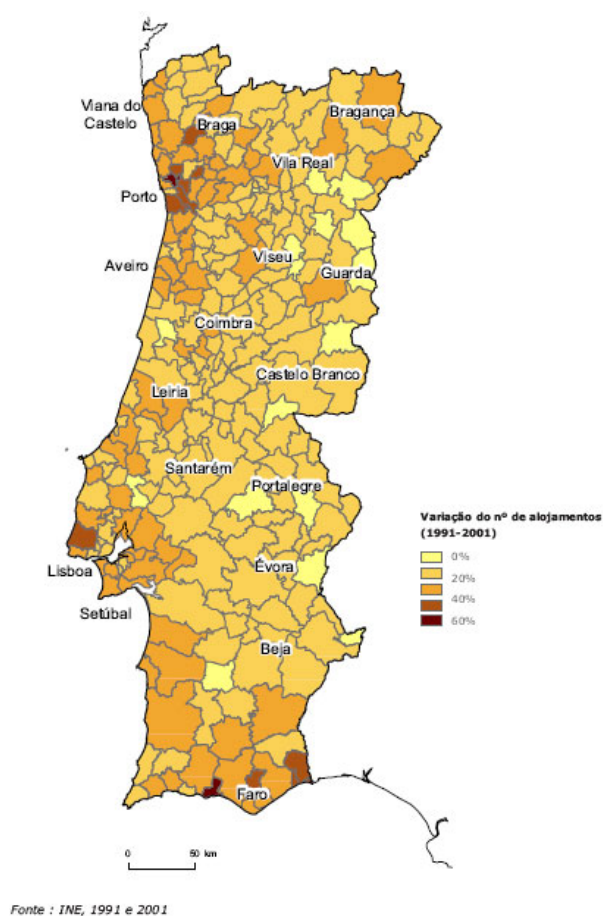


Figura 2.12 – Taxa de variação do número de alojamentos (1991-2001) [16]

Entre 1980 e 2001 a população total cresceu cerca de 5,3%, passando de 9 819 milhões de habitantes para 10 336 milhões. Em 2009 a população residente, segundo o Instituto Nacional de Estatística, era de 10 637 713 habitantes. O parque habitacional também aumentou e segundo o Censos de 2001 era constituído por um total de 5 036 194 fogos. [17]

Em 1998 apurou-se, através de um Inquérito à Habitação realizado pelo Instituto Nacional de Estatística, que no Continente o edifício típico era a moradia, pois representava 56,8% dos alojamentos ocupados como residência habitual, sendo desta forma a restante percentagem, 43,2%, correspondente a apartamentos. [18]

Extrapolando estes valores para 2001 obtém-se um número de habitações unifamiliares de 2 860 533 e um número de habitações multifamiliares de 2 175 616.

O número de habitações clássicas familiares tem vindo a crescer de ano para ano, sendo que em 2009 o número de habitações familiares era de 5 722 203 habitações, Quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Alojamentos familiares clássicos [19]

	2005	2006	2007	2008	2009
Alojamentos familiares clássicos	5.472.826	5.538.276	5.601.753	5.663.178	5.722.203

Em muitos casos, esse aumento quantitativamente significativo do parque edificado, não se reflectiu num aumento das preocupações ambientais, nem na procura de eficiência em termos dos consumos energéticos e de materiais, colocando assim na agenda a necessidade de uma abordagem mais activa da dimensão ambiental, citado por Pinheiro [1].

Em 2008, das 53 600 obras concluídas, 66,7% corresponderam a edifícios em construções novas para habitação familiar, dos quais 88,4% são moradias.

Apesar da grande predominância em edifícios em construções novas, 79,9% do total de todas as construções, denota-se que a reabilitação na edificação é uma aposta crescente no sector da construção, com as Alterações e Ampliações a ganharem importância relativa face aos anos anteriores (*ver Anexo A*), citado por Teixeira [20].

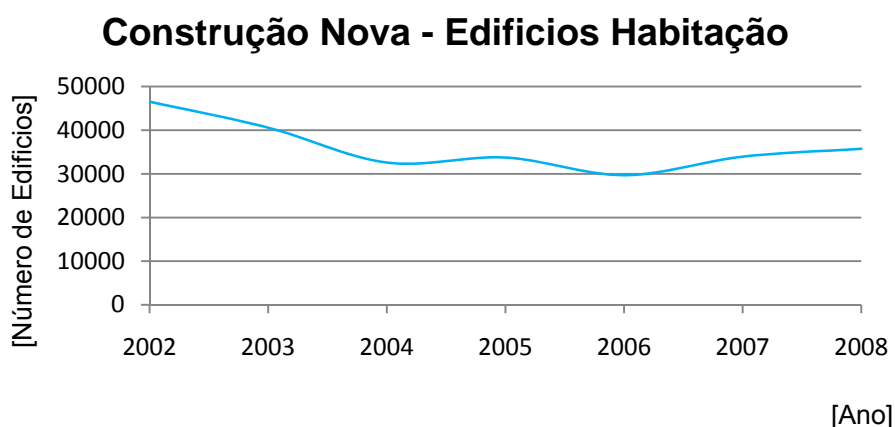


Figura 2.13 – Construção nova de edifícios de habitação no período de 2002 a 2008

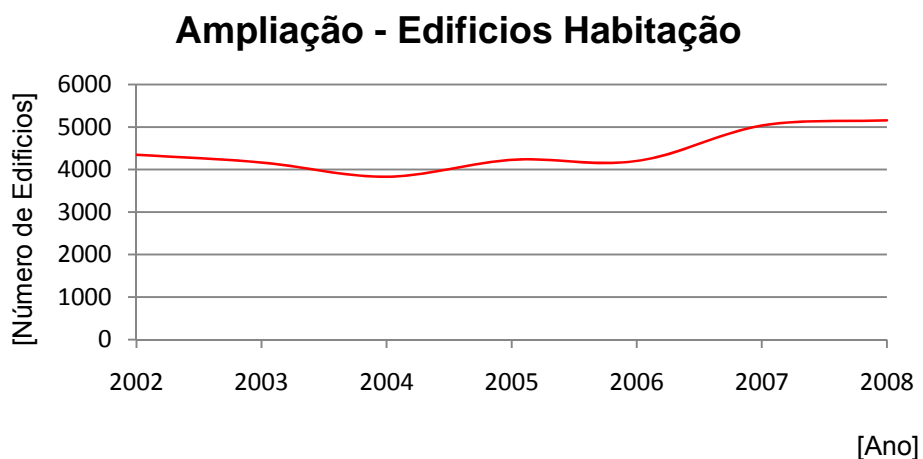


Figura 2.14 – Ampliação de edifícios de habitação no período de 2002 a 2008

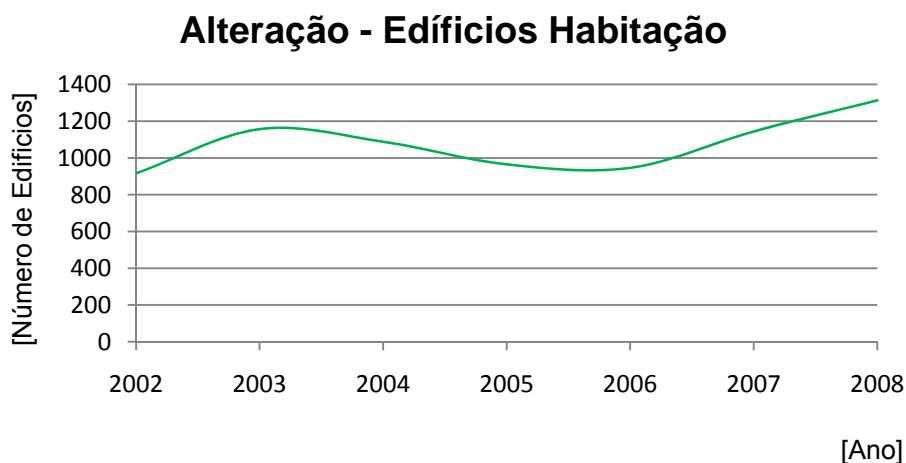


Figura 2.15 – Alteração de edifícios de habitação no período de 2002 a 2008

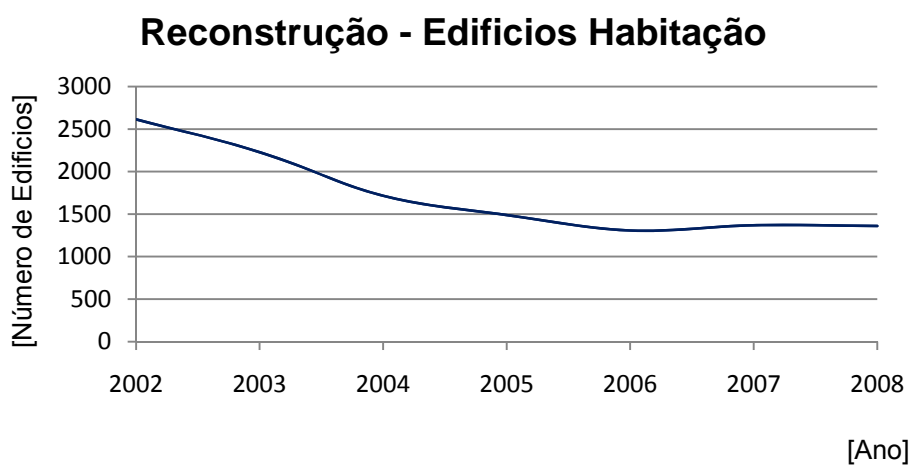


Figura 2.16 – Reconstrução de edifícios de habitação no período de 2002 a 2008

Em 2008, foram concluídos 43 582 edifícios em Portugal, sendo que destes cerca de 7 834 corresponderam a obras de alteração, ampliação e reconstrução, o que significa que cerca de 18% das obras concluídas respeitam à reabilitação do edificado.

Atendendo ao facto da população apresentar um crescimento reduzido em Portugal e existir um parque habitacional de dimensão adequada à dimensão da população, as perspectivas futuras quanto ao número de novas habitações a construir apontam para valores muito reduzidos. Neste contexto, para além de melhorias no projecto e na construção dessas novas habitações que promovam a eficiência no uso da água, é de grande importância estudar as acções que promovam esse uso eficiente nas habitações já existentes.

2.4. O CICLO DE VIDA DO EDIFÍCIO

A construção sustentável assenta num processo cíclico que deve ser monitorizado em todas as suas fases, no sentido de tornar o processo eficiente, e garantir que os princípios de sustentabilidade são assegurados na concepção do projecto, que a construção segue os procedimentos adequados, e que os edifícios são utilizados e mantidos de uma forma sustentável por parte dos seus utilizadores.

Deste modo, a construção sustentável deve possuir um processo operativo que conduza a uma efectiva aplicação às diferentes fases do ciclo de construção do edifício desenvolvendo-se em quatro níveis de intervenção – Projecto, Construção, Utilização/Exploração e Manutenção – que se desenvolvem em medidas orientadas para a sustentabilidade, citado por Amado [21].

Um edifício percorre várias fases durante a sua vida. Com o intuito de conseguir analisar em quais destas existem maiores consumos de água, utiliza-se o chamado ciclo de vida de um edifício.

O ciclo de vida de um edifício não é mais do que a divisão em várias fases distintas do percurso de vida de um edifício, desde que é concebido até que é demolido.

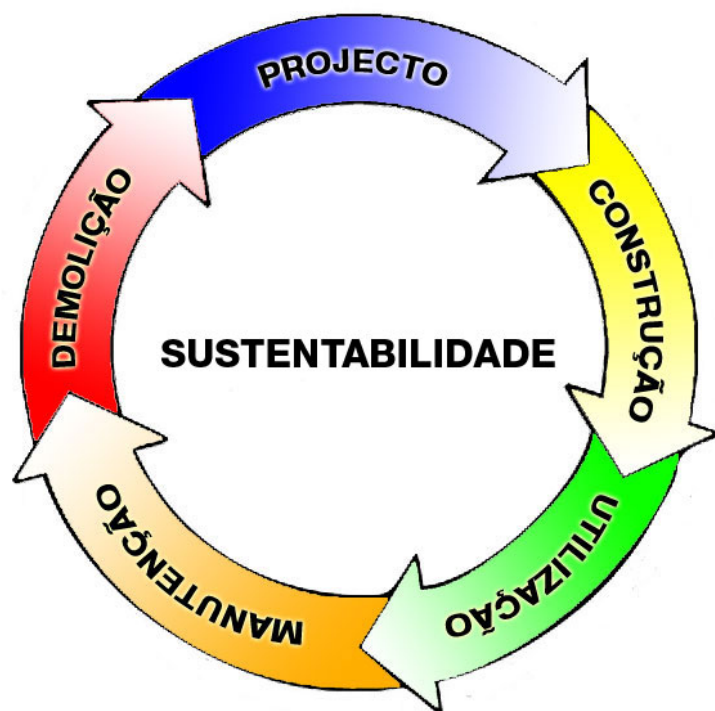


Figura 2.17 – Ciclo de vida de um edifício

A primeira fase do ciclo é o **projecto**, onde o edifício está a ser pensado, idealizado e colocado sob um suporte de modo a que a segunda fase seja possível. Nesta fase é importante salientar que não existe água consumida directamente, no entanto, é nela que são pensadas as soluções que se vão traduzir num maior ou menor consumo durante as fases seguintes.

A segunda fase é a **construção** do edifício, que como o nome indica, corresponde à fase em que o edifício está a ser construído. Nesta fase os consumos de água podem ser considerados de modo a que se consiga torná-los mais eficientes.

Depois de o edifício estar construído, entra-se na terceira fase do ciclo, a chamada **utilização** do mesmo, ou seja, esta é a parte em que os ocupantes habitam o edifício (considerando somente edifícios habitacionais). É facilmente perceptível que no período de tempo em que o edifício é habitado vão ocorrer os maiores consumos de água, pois é a fase mais longa e são os ocupantes que o vão utilizar e estes precisam de água para viver.

Numa penúltima fase, a fase de **manutenção**, o edifício começa a entrar em deterioração e é necessário proceder a reparações. Esta fase pode não existir caso não seja necessária a continuação da ocupação do edifício. No entanto é inevitável que os materiais sofram processos de degradação, chegando a um ponto em que a utilização deixa de ser segura e é necessário intervir.

Para deixar o ciclo completo existe uma última fase, a chamada **demolição**, onde o edifício que já não é necessário é destruído, cedendo espaço para que outros sejam criados em seu lugar ou outras utilizações do mesmo espaço, como espaços verdes, campos de cultivo, entre outros, possam existir.

Analisando o processo cíclico a que um edifício está sujeito ao longo da sua vida útil consegue-se discriminar quais as fases em que existem consumos de água e, dentro destas, que processos e medidas devem ser implementadas e monitorizadas de forma que exista eficiência do consumo de água. Convém analisar cada fase rigorosamente pois, como se pode ver, o processo é cíclico, havendo processos que dependem e são previstos em fases posteriores do ciclo de vida do edifício, como é o caso do projecto, onde assentam todas as restantes fases.

Como contributo para uma discussão de uma metodologia e de soluções que permitam assegurar níveis de elevado conforto, e que em simultâneo possibilitem uma eficiência no consumo de água, considera-se importante referir os aspectos que de uma forma passiva poderão ser adoptados nas diferentes fases do processo de edificação, tendo início na elaboração clara e precisa do programa preliminar, citado de Amado [22].

2.4.1. A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA NO SECTOR DA CONSTRUÇÃO

A indústria da construção é um dos sectores que mais volume de água consome. O consumo de água acompanha praticamente todo o ciclo de vida de um material de construção, que vai desde a extracção da matéria-prima até à fase de demolição, no final do ciclo de vida do edifício. A título de exemplo, para a produção de apenas 1kg de alumínio 50% reciclado são necessários em média 29.000 litros de água, de acordo com Mateus [23].

Não existem muitos dados recolhidos sobre o consumo de água em edifícios ao longo da sua vida útil. Um dos casos que está disponível corresponde ao de um edifício de escritórios de luxo na Finlândia, com uma área total de 15.600m², constituído por três torres de cinco andares cada, segundo Junnila [24], que teve os seguintes consumos de água nas diferentes fases do seu ciclo de vida.

Quadro 2.3 – Água utilizada num edifício de escritórios durante o ciclo de vida ao longo de 50 anos [24]

	Construção	Utilização	Manutenção	Demolição
Água (m ³)	3.000	228.000	0	0

Verifica-se no Quadro 2.3 que na fase de utilização do edifício ocorreram os maiores consumos, correspondentes a cerca de 99% da água gasta. No entanto, trata-se de um estudo de um edifício de escritórios e pretende-se saber os mesmos valores mas para um edifício de habitação. Pode afirmar-se que um edifício de habitação apresenta consumos da mesma ordem ou de uma ordem de grandeza superior, pois não existem máquinas de lavar roupa, loiça ou chuveiros num edifício de escritórios.

Para analisar a quantidade de água utilizada durante a fase de construção é necessário extrapolar os valores, sabendo que um edifício de escritórios é bastante semelhante ao nível de processos e materiais de construção de um edifício habitacional. Logo, fazendo o quociente entre o consumo de água e a área total do edifício obtém-se um rácio de 192,3 l/m² de água consumida por m² de área construída, o que permite ter noções do consumo da mesma durante a construção de um edifício habitacional.

Relembra-se que a fase de utilização se desenvolve num período de tempo de 50 anos, enquanto a fase de construção, comparando com a anterior, tem um período de desenvolvimento relativamente inferior, cerca de 1 ano. Desta forma, dividindo a quantidade de água gasta durante o período de utilização pelos 50 anos, correspondentes ao tempo em que a mesma é utilizada, obtém-se um valor de 4 560 m³/ano de água gasta durante a fase de utilização, valor este que é superior ao valor da água utilizada na construção.

Após verificar que ao longo do ciclo de vida de um edifício de habitação a utilização de água está condicionada às fases de construção e utilização, verifica-se que é na fase de utilização que se empregam maiores volumes de água e por isso é nessa fase que é importante obter os maiores ganhos de eficiência

De acordo com Mateus [23], apesar da maior responsabilidade no consumo de água que ocorre num edifício ser atribuída aos hábitos dos seus ocupantes, a equipa de projecto também poderá tomar uma série de opções que visam a sua redução. A equipa de projecto deve optar, tal como na gestão de resíduos, pelo **princípio dos três R**, ou seja, neste caso, deve tomar uma série de medidas que potenciem a **redução dos consumos**, **redução das fugas** e a **reutilização da água**. A gestão do consumo de água nos edifícios pode ser realizada a três níveis:

- (i) Selecção de **materiais ou componentes com baixa quantidade de água incorporada**;
- (ii) Selecção de **aparelhos sanitários e de dispositivos de utilização mais eficientes**;
- (iii) Prever soluções para a **recolha de água das chuvas e reutilização de água**.

Justifica-se por isso dar maior atenção a todas as medidas que possam melhorar a eficiência na fase de utilização do edifício.

2.5. SÍNTESE DE CAPÍTULO

No final deste capítulo o leitor deve ter a clara noção que a água no Mundo não está distribuída de modo uniforme e que existem regiões onde a escassez de água é um problema da maior importância. Em Portugal, a água disponível tem vindo a suscitar atenção, pois regista-se uma assimetria regional e temporal da disponibilidade de água, sendo necessário criar reservas de água que permitam ultrapassar períodos de escassez.

O consumo urbano de água potável, apesar de não corresponder à maior parcela de água captada, representa a maior parcela de custos associados, visto que a água para o consumo urbano é uma água tratada de elevada qualidade. De toda a água com destino ao consumo urbano, cerca de 40% são perdas no sistema de distribuição, constituindo custos elevados para Portugal.

Dentro do tema, o uso da água em edifícios de habitação, apura-se que o parque habitacional em Portugal tem tido uma expressão importante no que toca à reabilitação de edifícios, fazendo com que este trabalho incida também no estudo de medidas eficientes que sejam compatíveis com edifícios já existentes.

Com o intuito de avaliar as necessidades de água ao longo do ciclo de vida de um edifício, revelou-se que na fase de construção existem gastos significativos, mas no entanto a fase de utilização representa a maior quota do consumo. Frisa-se que para uma avaliação de medidas eficientes para a sustentabilidade do consumo de água, é importante analisar o ciclo de vida de um edifício como um todo, não descriminando fases em que os consumos directos de água sejam nulos.

3. USO EFICIENTE DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS

Neste capítulo pretende-se abordar os vários programas e soluções actualmente existentes para melhorar a eficiência do uso da água em edifícios de habitação.

3.1. PROGRAMAS EXISTENTES PARA O USO EFICIENTE DE ÁGUA EM PORTUGAL

Em Portugal foi elaborado, em 2001, o Programa Nacional para o Uso Eficiente de Água (PNUEA) que tem como objectivo avaliar a eficiência com que a água é utilizada em Portugal nos sectores urbano, agrícola e industrial e propor um conjunto de medidas que permitam uma melhor utilização desse recurso, tendo como vantagens adicionais a redução das águas residuais resultantes e dos consumos energéticos associados.

No PNUEA são apresentadas detalhadamente 87 medidas, das quais 50 se destinam ao sector urbano (*ver Anexo B*), 23 ao sector agrícola e 14 ao sector industrial, sendo que várias das medidas do sector urbano se aplicam também ao sector industrial, de acordo com Batista [14].

Segundo o PNUEA, a água é um factor essencial para o desenvolvimento socioeconómico do País. Deve ser considerada um recurso estratégico e estruturante, e tem necessariamente que se garantir uma elevada eficiência do seu uso, o que deve corresponder a uma opção estratégica na política portuguesa de gestão de recursos hídricos.

Numerosas razões existem para sustentarem esta opção estratégica:

- Corresponde a um imperativo ambiental, pela necessidade de uma crescente consciencialização da sociedade de que os recursos hídricos não são ilimitados e que portanto é necessário protegê-los e conservá-los. Um esforço de aumento da eficiência traduz-se evidentemente numa redução de caudais captados e portanto de maior salvaguarda dos recursos;
- Corresponde a uma necessidade estratégica ligada às disponibilidades e reservas de água no País, na medida em que, embora à escala nacional e anual Portugal não tenha graves problemas de escassez de água em situação hídrica normal – apenas as bacias das Ribeiras do Algarve, Ribeiras do Oeste, Sado, Lis e Leça estão sujeitas a maior stress hídrico (PNA) -, podem no entanto ocorrer situações críticas de seca, sazonais ou localizadas. Estas situações podem ser de carácter quantitativo, resultantes por exemplo de períodos de maior escassez hídrica, ou de carácter qualitativo, com redução das disponibilidades de água com a qualidade necessária, resultante por exemplo da poluição. Um esforço de aumento da eficiência traduz-se evidentemente numa redução de caudais captados e de poluição

- Corresponde a um interesse económico a nível nacional, na medida em que as poupanças potenciais de água correspondem a um valor muito relevante, estimado em cerca de 0,64% do Produto Interno Bruto nacional;
- Corresponde a um interesse económico a nível do tecido empresarial, na medida em que a água é um importante factor de produção em numerosos sectores de actividade económica e a minimização dos encargos – através da maior eficiência da sua utilização - aumenta naturalmente a competitividade das empresas nos mercados nacional e internacional;
- Corresponde a um interesse económico a nível das entidades gestoras, através de uma maior racionalidade de investimentos, na medida em que permite um melhor aproveitamento das infra-estruturas existentes, minimizando ou mesmo evitando em alguns casos a necessidade de ampliação e expansão dos sistemas de captação de água para abastecimento e de transporte e tratamento de águas residuais, para acompanharem o desenvolvimento urbano, agrícola e industrial, com a única preocupação de se garantir a procura pelos utilizadores. Note-se que as previsíveis perdas directas para as entidades gestoras resultante da diminuição expectável de vendas de água podem ser pelo menos parcialmente recuperadas através da redução de perdas nos sistemas públicos, que atingem valores preocupantes;
- Corresponde a um interesse económico a nível dos cidadãos, na medida em que permite uma redução dos encargos com a utilização da água - devido ao menor volume consumido e à eventual descida de escalão - sem prejuízo da qualidade de vida do seu agregado familiar e da salvaguarda da saúde pública;
- Corresponde a obrigações do País em termos de legislação comunitária, nomeadamente da Directiva Quadro, em termos da conservação da água e de crescente aplicação de custos reais no uso da água, e da Directiva IPPC, no relativo à obrigação de utilização das melhores técnicas disponíveis nas unidades mais relevantes de diversos sectores industriais.

De forma a colocar em prática o programa, devem ser implementadas medidas concretas que conduzam à alteração das práticas, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNEUA) pretende ter um carácter estratégico e de recomendação, não assumindo naturalmente uma obrigação legal.

Definir metas passa pela definição de um indicador de referência que permita avaliar a eficiência de utilização da água, tornando directa e transparente a comparação entre metas e resultados obtidos.

$$Eficiência de utilização da água (\%) = \frac{Consumo\ útil}{Procura\ efectiva} \times 100 \quad (1)$$

A **eficiência de utilização** da água mede até que ponto a água captada da natureza é utilizada de modo optimizado para a produção com eficácia do serviço desejado, nos sectores urbano, agrícola e industrial (enquanto que a eficácia mede até que ponto os objectivos definidos realisticamente são efectivamente cumpridos).

O **consumo útil** corresponde ao consumo mínimo necessário num determinado sector para garantir a eficácia da utilização, correspondente a um referencial específico para essa utilização. Este referencial pode ser estimado para a situação actual e para cenários futuros com base na evolução da população e da respectiva capitação mínima necessária (consumo urbano), na evolução da área regada, do tipo de cultura e da respectiva dotação mínima necessária (consumo agrícola), e na evolução da indústria e do respectivo consumo mínimo necessário (consumo industrial).

A **procura efectiva** corresponde ao volume efectivamente utilizado, sendo naturalmente igual ou superior ao consumo útil. Pode ser estimado com razoável rigor para a situação actual com base nos registos existentes e pode ser estimado para cenários futuros com base na evolução da população e da respectiva capitação (procura urbana), na evolução da área regada, do tipo de cultura e da respectiva dotação (procura agrícola), e na evolução da indústria e do respectivo consumo necessário (procura industrial).

Naturalmente que, quanto mais próximo estiver a procura efectiva do consumo útil, mais próximo se está dos 100% de eficiência de utilização da água, situação naturalmente desejável mas irrealista.

Constata-se que a expressão (1) adoptada pelo PNUEA permite avaliar a eficiência global do sistema. Essa eficiência pode ser decomposta em duas partes, uma associada à eficiência do sistema de distribuição que depende fundamentalmente das perdas nesse sistema e outra parte associada à eficiência do uso de água dentro dos edifícios de habitação.

O indicador da eficiência do sistema de distribuição pode ser obtido dividindo o consumo efectivo de água nas habitações pela quantidade de água que é necessário captar para satisfazer esse consumo, equação 2.

$$Eficiência do sistema de distribuição (\%) = \frac{Consumo\ efectivo}{Procura\ efectiva} \times 100 \quad (2)$$

O indicador que permite avaliar a eficiência da utilização da água dentro de cada habitação, pode ser obtido dividindo o consumo mínimo necessário para garantir a eficácia de utilização, e que é um valor específico para essa utilização, pela quantidade realmente consumida na habitação, equação (3).

$$Eficiência\ de\ utilização\ da\ água\ na\ habitação\ (\%) = \frac{Consumo\ útil}{Consumo\ efectivo} \times 100 \quad (3)$$

Naturalmente, a eficiência de utilização de água é o produto dos dois indicadores anteriores, equação (4).

$$Eficiência\ de\ utilização\ da\ água(\%) = \frac{Consumo\ útil}{Consumo\ efectivo} \times \frac{Consumo\ efectivo}{Procura\ efectiva} \times 100 \quad (4)$$

A decomposição do índice de eficiência (1) em duas partes revela-se importante porque uma das grandes justificações para a baixa eficiência do uso da água prende-se com as perdas elevadas no sistema de distribuição. De acordo com Batista [14], essas perdas estão actualmente avaliadas em 40% para o sector urbano.

A Figura 3.18 permite compreender o problema da distribuição de água em Portugal. Observa-se que uma parcela importante do consumo não é facturada e está associada à cedência de água às autarquias para usos urbanos.

Água Entrada no Sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo Facturado Medido	Água Facturada
		Consumo autorizado não facturado	Consumo Facturado Não Medido	
			Consumo Não Facturado Medido	
	Perdas de Água	Perdas Aparentes (comerciais)	Consumo Não Facturado Não Medido	Água Não Facturada
			Uso Não Autorizado	
		Perdas Reais (físicas)	Erros de Medição	
			Fugas nas Condutas de Adução e/ ou distribuição	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de Adução e/ou distribuição	
			Fugas nos ramais	

Figura 3.18 – Quadro síntese do sistema de distribuição de água [25]

Outra parte considerável da água captada é perdida no sistema de distribuição devido a vários factores, como o estado deficiente de muitas tubagens, exemplificado na Figura 3.19, e desvios ilegais de água do sistema.



Figura 3.19 – Exemplos de tubagens deficientes do sistema de distribuição [25]

O PNUEA propõe-se atingir, ao fim de um período de 10 anos iniciado em 2001, uma eficiência de utilização da água de 80%, de acordo com a Figura 3.20. Tendo em conta a variabilidade geográfica e social do País, de que resultam situações muito diferenciadas, é expectável que esta média nacional possa atingir variações numa gama de $\pm 10\%$ quando interpretada à escala regional ou local. [14]

O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR), que consta em [14], prevê uma redução das perdas de água nos sistemas públicos de 40% para 15%, o que só por si vai permitir aumentar a eficiência para próximo de 70% e permite esperar que a meta proposta será atingida.

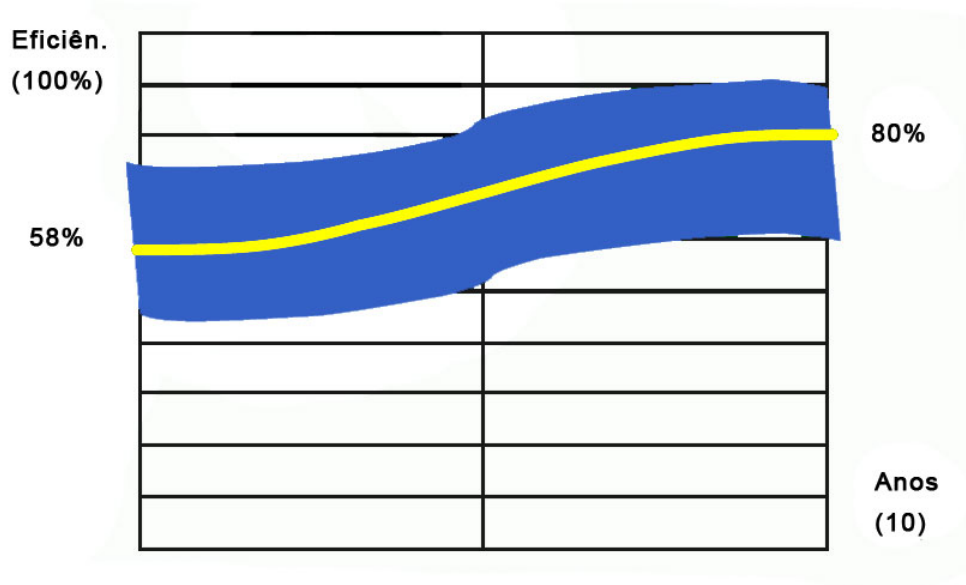


Figura 3.20 – Meta de eficiência de utilização de água no consumo urbano 2001 – 2010 [14]

Esta dissertação vai apenas focar-se sobre a eficiência do uso de água no interior dos edifícios de habitação, expressa pela equação (3).

3.2. ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

Os consumos domésticos padrão estão associados ao uso da água para beber, para cozinhar, para higiene pessoal, para limpeza dos espaços, para lavagem de roupa, para lavagem de loiça, para descarga de autoclismos e para actividades de jardinagem e lavagem de veículos e pavimentos, de acordo com Pedroso [26].

Verifica-se que a capitação tende a ser menor quanto menor for a população abastecida. Isto deve-se sobretudo à parcela das perdas no sistema de distribuição de água, aos espaços verdes urbanos e ao comércio, que aumentam com a população. No Quadro 3.4 apresentam-se os valores mínimos de consumo a considerar em fase de projecto de acordo com a regulamentação nacional [27].

Quadro 3.4 – Consumos mínimo doméstico de água nos edifícios [27]

Volume (l/hab.dia)	População (n.º de habitantes)
80	1000
100	1000 a 10000
125	10000 a 20000
150	20000 a 50000
175	> 50000

Ao analisar estes consumos e a bibliografia relativa, observa-se que as capitações em Portugal relativas ao consumo doméstico variam. Este facto deve-se sobretudo a não existirem dados concretos sobre a quantidade de água que é efectivamente utilizada no consumo urbano, fazendo com que as estatísticas incidam sobre a facturação ao cliente de forma a apurar um valor médio de consumo de água.

No Quadro 3.5 são apresentados valores de capitações médias sugeridos por várias fontes e autores.

Quadro 3.5 – Capitações médias de consumo urbano, por autor

	Capitação (l/hab.dia)
EuroStats [12]	161
INSAAR [13]	154
Melo e Batista [14]	170

Como se verifica em seguida, estes valores são muito semelhantes aos valores médios nacionais calculados com dados de 2008.

Quadro 3.6 – Volume total anual nos sistemas urbanos de abastecimento [13]

	Volume urbano no abastecimento		
	Captado ($\times 10^3 \text{ m}^3$)	Tratado ($\times 10^3 \text{ m}^3$)	Distribuído ($\times 10^3 \text{ m}^3$)
Continente	849061	823116	588174
Açores	40000	16932	19321
Madeira	88502	48746	59938
Nacional	977563	888794	667433

Sabendo o volume total distribuído anualmente nos sistemas urbanos (Quadro 3.6), é possível, através de uma média ponderada, calcular a capitação efectiva dentro das habitações, ou seja, sem contabilizar as perdas do sistema de distribuição. É ainda possível distinguir as capitações em edifícios de habitação unifamiliares e multifamiliares, diferenciando assim os consumos pelos dois. Considera-se neste trabalho que os edifícios unifamiliares terão associados consumos exteriores significativos, como sejam lavagens de veículos ou rega de jardins, enquanto nos edifícios multifamiliares estes consumos exteriores serão desprezáveis.

Desta forma, fazendo o quociente entre o volume de água distribuído no sector urbano ($667\,433\,000\text{ m}^3$) pela população residente ($10\,637\,713$ habitantes), como visto na secção 2.3.1., obtém-se um valor de 172 l/hab.dia correspondente à procura efectiva na equação (1). Acontece que este valor engloba todo o sector urbano e também todas as perdas associadas à distribuição, e como visto na secção 2.2.3., só cerca de 45% deste valor corresponde ao consumo doméstico. Desta forma, o consumo efectivo médio no sector doméstico em Portugal pode ser estimado em 77 l/hab.dia .

Para distinguir o consumo em duas parcelas, uma correspondente a edifícios unifamiliares e outra a edifícios multifamiliares, é necessário contabilizar os fogos existentes em Portugal.

Desta forma, sabendo o número de edifícios de habitação em Portugal, $5\,722\,203$ fogos em 2009 (ver capítulo 2.3.1.), dos quais 56,8% correspondem a moradias e 43,2% a apartamentos, sabendo que os consumos de autoclismos, duches e banhos, torneiras, máquinas da roupa e máquinas da louça são idênticos nos dois tipos de edifício, e assumindo a distribuição dos consumos em edifícios unifamiliares e multifamiliares, proposta por Vieira [15], que resultou de um inquérito aos consumos de água da população dentro das habitações, Figuras 3.21 e 3.22.

Estrutura de consumos com usos exteriores

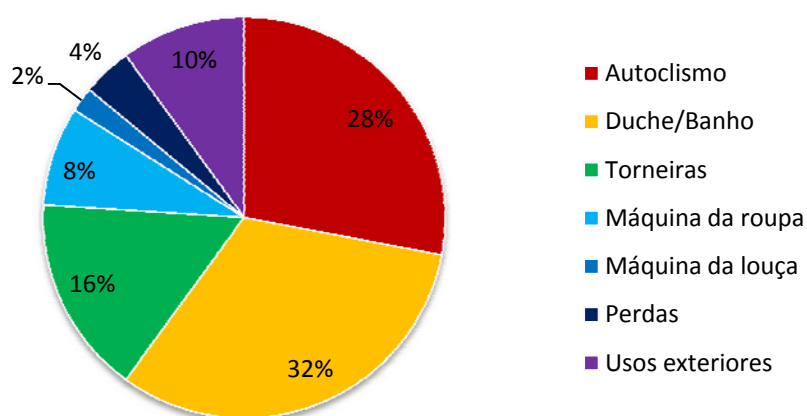


Figura 3.21 – Estrutura de consumos com usos exteriores [15]

Estrutura de consumos sem usos exteriores

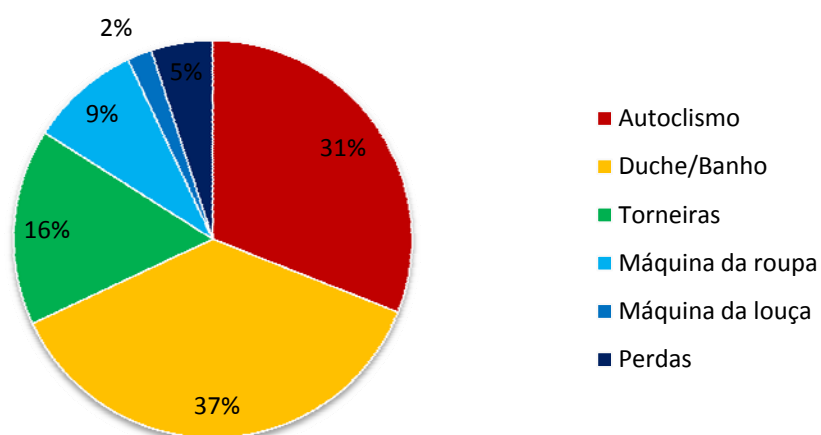


Figura 3.22 – Estrutura de consumos sem usos exteriores [15]

Obtém-se uma capitação de 81 l/hab.dia para edifícios com usos exteriores (unifamiliares) e 73 l/hab.dia para edifícios sem usos exteriores (multifamiliares). Obtém-se assim a distribuição de consumos que consta no Quadro 3.7.

Quadro 3.7 – Capitações de consumo efectivo de água em edifícios unifamiliares e multifamiliares

	Edifícios Unifamiliares		Edifícios Multifamiliares	
	(l/hab.dia)		(l/hab.dia)	
Autoclismo	23	28%	23	31%
Duche/Banho	26	32%	27	37%
Torneiras	13	16%	12	16%
Máquina da roupa	6	8%	7	9%
Máquina da louça	2	2%	1	2%
Perdas	3	4%	4	5%
Usos Exteriores	8	10%	0	0%
Capitação	81		73	

Verifica-se que em edifícios unifamiliares o consumo é superior, pois existem os gastos das regas e piscinas. Os valores apresentados são valores médios estimados e podem sofrer oscilações. De facto existem inúmeros factores que influenciam este cálculo, nomeadamente, o número de habitantes em Portugal tem uma parcela flutuante correspondente ao turismo, o número de fogos existente não é certo e o mesmo não está totalmente habitado, existe também uma parcela importante, como visto anteriormente, de água que não é contabilizada mas é consumida, como no caso de furos artesianos existentes.

Apesar da variabilidade que existe, o cálculo aqui apresentado não deve diferir muito do valor médio, isto é, do valor do consumo efectivo médio dentro dos edifícios onde a parcela das perdas da distribuição não está incluída.

De modo a conseguir-se avaliar a eficiência do consumo de água em edifícios, deve-se saber qual o valor de água que é efectivamente necessária e que corresponde ao consumo útil da equação (3) do capítulo 3.1 .

Ao analisar a bibliografia verifica-se que o consumo padrão de água para as necessidades humanas ronda os 50 litros por pessoa por dia, segundo Gleick [28] e cerca de 80 litros por pessoa por dia segundo Pedroso [26]. Neste trabalho considera-se que as necessidades humanas são de 50 l/hab.dia, tornando assim essa meta mais ambiciosa.

Considerando as capitações do Quadro 3.7 e os consumos mínimos necessários, pode calcular-se a eficiência de utilização da água na habitação, equação (3), obtendo as seguintes eficiências médias expressas no Quadro 3.8.

Quadro 3.8 – Eficiência do consumo de água em edifícios (Valor médio)

Edifícios	Consumo mínimo de água	Capitação média no sector doméstico	Eficiência do consumo de água
	(l/hab.dia)	(l/hab.dia)	(%)
Unifamiliars	50	81	61,73%
Multifamiliars		73	68,49%

Observa-se que a eficiência da utilização de água no sector doméstico encontra-se em 62% para edifícios unifamiliars e em 69% para edifícios multifamiliars, o que traduz uma eficiência média no sector, sendo que a eficiência é superior nos edifícios multifamiliars onde não existem consumos exteriores.

Os valores aqui apresentados são valores médios estimados e não devem ser utilizados no estudo de melhorias da eficiência nos edifícios, pois as médias resultam de padrões de consumo bastante diferenciados, não reflectindo o consumo em agregados familiares típicos. De facto, os dados recolhidos de um inquérito ao consumo e apresentados em Pedroso [26] indicam valores consideravelmente superiores.

Estes valores constam do Quadro 3.9, onde estão apresentadas as capitações padrão em edifícios unifamiliars e edifícios multifamiliars.

Quadro 3.9 – Capitações padrão de consumo urbano em edifícios unifamiliars e edifícios multifamiliars

	Capitação (l/hab.dia)	
	Edifícios Unifamiliars	Edifícios Multifamiliars
Pedroso, V. [26]	150	120

Desta forma todos os cálculos que se seguem têm como base a distribuição apresentada por Pedroso [26], que permite contabilizar os ganhos de eficiência associados às várias medidas e dispositivos a utilizar. Considera-se então o Quadro 3.10, obtido em [26], como base para os cálculos que se seguem.

Quadro 3.10 – Repartição dos consumos médios diários [26]

Aparelhos/utilizações	Consumo (l/hab.dia)			
	Edifício Multifamiliar		Edifício Unifamiliar	
Lava-loiça, (cozinha+limpezas)	15	12,5%	15	10,0%
Máquina de lavar loiça	4	3,3%	4	2,7%
Máquina de lavar roupa	10	8,3%	10	6,7%
Duche	45	37,5%	45	30,0%
Lavatório+bidé	16	13,3%	16	10,7%
Autoclismo	30	25,0%	30	20,0%
Rega de jardim			28	18,7%
Lavagem de automóvel			2	1,3%
TOTAL/dia	120		150	

Como foi feito anteriormente para as estimativas da capitação média nacional que originaram o Quadro 3.8, são agora apresentadas no Quadro 3.11 as eficiências de utilização da água nas habitações calculadas com base nas capitações apresentadas por Pedroso [26]. Repare-se que na distribuição de consumos do Quadro 3.10 não são contabilizadas as perdas dentro da habitação, como é o caso de fugas em torneiras.

Quadro 3.11 – Eficiência do consumo de água em edifícios

Edifícios	Consumo mínimo de água	Capitação média no sector doméstico	Eficiência do consumo de água
	(l/hab.dia)	(l/hab.dia)	(%)
Unifamiliars	50	150	33,33%
Multifamiliars		120	41,67%

Nitidamente, a eficiência da utilização da água em edifícios no modelo padrão adoptado é muito reduzida em comparação com a média nacional, sendo neste caso cerca de 33% para edifícios unifamiliars e 42% para edifícios multifamiliars.

3.2.1. ANÁLISE DE PERDAS E NÍVEIS DE PRESSÃO NOS SISTEMAS PREDIAIS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Antes de abordar a utilização de dispositivos mais eficientes é necessário referir dois fenómenos, o primeiro são as perdas que existem nos dispositivos, como é o caso de fugas nas torneiras e autoclismos, Quadros 3.12 e 3.13.

O segundo prende-se com a qualidade da água utilizada num edifício. De um ponto de vista metodológico a água para consumo da comunidade pode ser classificada como “água para beber”, “água potável” e “água não potável”. A primeira categoria é aqui entendida como água de grande qualidade, tratada especificamente para ser bebida, enquanto “água potável” se refere àquela que pode ser bebida esporadicamente sem problemas, mas que, em princípio, não deveria ser usada para tal, segundo Neves [29].

Quadro 3.12 – Perdas devido a fugas em torneiras/autoclismos [26]

Tipo de fuga	Consumo diário (l)	Consumo mensal (m ³)
Gota a gota	67	2
Fio de água de 2 mm	333	10
Fio de água de 6 mm	3330	100

Quadro 3.13 – Impacte de uma fuga no consumo mensal de água num agregado [26]

Nº de pessoas do agregado familiar	Consumo diário por pessoa (l)	Consumo diário devido a perdas (fio de água de 2 mm) (l)	Consumo mensal do agregado familiar (m ³)	Consumo mensal devido a perdas (m ³)	Acréscimo no consumo devido às perdas (%)
3	80	333	7,2	10	139

Note-se que uma fuga de água dentro de uma habitação constitui um acréscimo no consumo de 139%, fazendo com que estas devam ser analisadas com especial atenção, devendo sempre ser reparadas.

Do ponto de vista da água que entra, é recomendado reduzir os níveis de pressão do sistema de distribuição, de forma a reduzir os caudais dentro dos edifícios, reduzindo assim os consumos nas torneiras, duches, lavatórios/bidé, regas e lavagens de automóveis e pavimentos, bem como o desgaste de tubagens que se traduz a longo prazo em fugas de água.

Verificam-se então as seguintes percentagens de redução de caudais, Quadro 3.14.

Quadro 3.14 – Valores dos caudais face aos níveis de pressão [26]

Tipologia	WC (uni)	Cozinha (uni)	Caudal acumulado (l/s)	Caudal cálculo (l/s)	DN (mm)	Dint (mm)	V (m/s)	P (kPa)
T1/T2	1	1	1,55	0,68	25	27,3	1,17	400
T3	2	1	2,55	0,88	32	36	0,87	400
T4	3	1	3,55	1,03	32	36	1,01	400

Tipologia	DN (mm)	Dint (mm)	ΔP (kPa)	P- ΔP (kPa)	Qi (l/s)	V (m/s)	Redução em % do caudal
T1/T2	25	27,3	150	250	0,54	0,92	21
T3	32	36	150	250	0,70	0,69	21
T4	32	36	150	250	0,82	0,80	21

Tipologia	DN (mm)	Dint (mm)	ΔP (kPa)	P- ΔP (kPa)	Qi (l/s)	V (m/s)	Redução em % do caudal
T1/T2	25	27,3	200	200	0,48	0,83	29
T3	32	36	200	200	0,63	0,61	29
T4	32	36	200	200	0,73	0,72	29

Tipologia	DN (mm)	Dint (mm)	ΔP (kPa)	P- ΔP (kPa)	Qi (l/s)	V (m/s)	Redução em % do caudal
T1/T2	25	27,3	250	150	0,42	0,72	39
T3	32	36	250	150	0,54	0,53	39
T4	32	36	250	150	0,63	0,62	39

Tenho em conta estes dados, pode observar-se que existe um potencial de redução do caudal de 39%.

3.2.2. DISPOSITIVOS MAIS EFICIENTES - AUTOCLISMOS

Ao nível dos autoclismos, estima-se que em média são utilizados nas habitações autoclismos de 9l de descarga única, chegando por vezes a existirem autoclismos de 15l de descarga única. Nas Quadros 3.15 e 3.16, foram estimadas as poupanças de água com a utilização de autoclismos de 6l e 3l (descarga grande e pequena) e de 4l e 2,5l (descarga grande e pequena) respectivamente. Na Figura 3.23 pode ver-se um exemplo de um autoclismo de descarga dupla.



Figura 3.23 – Autoclismo descarga dupla

Quadro 3.15 – Redução do consumo de água pela adoção de autoclismos de 6l e 3l de volume de descarga [26]

Nº de pessoas do agregado familiar	Consumo diário usando autoclismo de 9l de descarga única	Consumo diário usando autoclismo de dupla descarga (6l e 3l)			Poupança em % por recurso a autoclismo de menor volume de descarga
		Nº de descargas/dia de 6l/pessoa	Nº de descargas/dia de 3l/pessoa	Consumo diário do agregado (l)	
3	96	1	2,6	41,4	57

A utilização de autoclismos de 6l e 3l tem um potencial de poupança de 57%, reduzindo o consumo de 32l/hab.dia para 13,8 l/hab.dia, Quadro 3.15.

No Quadro 3.16, são analisados também os consumos para o caso da utilização de autoclismos de 4l e 2,5l de volume de descarga. Estes equipamentos utilizam amplificadores da velocidade de descarga mantendo a eficácia dos sifões dos aparelhos sanitários (bacias de retrete) mesmo com descargas de volume reduzido, de acordo com Pedroso [26].

Quadro 3.16 – Redução do consumo de água pela adoção de autoclismos de 4l e 2,5l de volume de descarga [26]

Nº de pessoas do agregado familiar	Consumo diário usando autoclismo de 6l e 3l de descarga	Consumo diário usando autoclismo de dupla descarga (4l e 2,5l)			Poupança em % por recurso a autoclismo de menor volume de descarga
		Nº de descargas/dia de 4 l/pessoa	Nº de descargas/dia de 2,5 l/pessoa	Consumo diário do agregado (l)	
3	41,4	1	2,6	31,5	24

Com estes autoclismos é possível reduzir o consumo de 32 l/hab.dia para 10,5 l/hab.dia, correspondendo a 67% de redução do consumo em comparação com autoclismos de 9l de descarga única.

A utilização destes dispositivos nos nossos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas (em ramais de descargas ou colectores prediais) levanta contudo alguns problemas, uma vez que, em termos de legislação nacional [27], está vedada a dupla sifonagem, citado por Pedroso [26].

3.2.3. DISPOSITIVOS MAIS EFICIENTES - CHUVEIROS

No caso dos chuveiros, assume-se que existe um caudal entre 0,15l/s e 0,10l/s para uma duração de 5min/pessoa no duche. O Quadro 3.17 demonstra como é possível reduzir o consumo optando pela utilização de chuveiros de 0,10l/s.

Quadro 3.17 – Redução de consumo em duches por utilização de chuveiro com emulsor/redutor de caudal [26]

N.º de pessoas do agregado familiar	Consumo diário usando chuveiros de 0,15l/s de caudal (durante 5min/pessoa)	Consumo diário usando chuveiros de 0,10l/s de caudal (durante 5min/pessoa)	Poupança em % por dia pelo recurso a emulsor/redutor no chuveiro
	(l)	(l)	
3	135	90	33

Com a utilização destes dispositivos consegue-se reduzir o consumo de 45l/hab.dia para 30l/hab.dia, obtendo um potencial de poupança de 33%.

3.2.4. DISPOSITIVOS EXISTENTES NO MERCADO COM CERTIFICAÇÃO

Em Portugal, a necessidade de um uso eficiente da água foi já reconhecida com prioridade nacional, através da publicação da Resolução do Conselho de Ministros nº113/2005, de 30/6, a qual aprova o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA). Entre as acções propostas neste programa, destacam-se as propostas de rotulagem dos dispositivos de utilização prediais (autoclismos, chuveiros, etc.), no sentido de disponibilizar aos consumidores o conhecimento da sua eficiência hídrica, segundo Rodrigues [30].

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água admite que esta rotulagem seja desenvolvida por entidades do tipo ONG, em articulação com os órgãos de tutela do ambiente.

Neste contexto, a ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais, decidiu assumir a responsabilidade de concretizar estas medidas em Portugal, lançando um sistema voluntário de certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos.

A ANQIP é uma associação portuguesa sem fins lucrativos, criada em 2007, que tem entre os seus associados diversas Universidades, empresas do sector, entidades gestoras e técnicos em nome individual, cujos objectivos essenciais são a promoção e a garantia da qualidade e da eficiência nas instalações prediais de abastecimento de água e de drenagem, de acordo com Afonso [31].

No âmbito da certificação, a ANQIP, face às suas responsabilidades e capacidade de intervenção no sector, está a desenvolver diversos modelos de certificação de qualidade e de certificação de eficiência hídrica para projectos, produtos e instalações, tendo como potenciais destinatários projectistas, fabricantes, importadores, instaladores, promotores, entidades gestoras, construtores e cidadãos, segundo Afonso [32].

TIPO DE CERTIFICAÇÃO	APLICÁVEL A	DESTINATÁRIOS
CERTIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA E AUDITORIAS	PRODUTOS	PRODUTORES IMPORTADORES
	EDIFÍCIOS (INSTALAÇÕES)	CIDADÃOS CONSTRUTORES PROMOTORES ENTIDADES PÚBLICAS
CERTIFICAÇÃO DE QUALIDADE	PROJECTOS E INSTALAÇÕES	CONSTRUTORES PROMOTORES ENTIDADES PÚBLICAS CIDADÃOS
CERTIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE TÉCNICA	PROJECTOS	ENTIDADES GESTORAS PROJECTISTAS PROMOTORES
	EDIFÍCIOS (INSTALAÇÕES)	ENTIDADES GESTORAS CIDADÃOS PROMOTORES

Figura 3.24 – Tipos de Certificação ANQIP [32]

A ANQIP propôs a utilização dos rótulos de eficiência hídrica para os dispositivos, sendo o rótulo A o que traduz uma maior eficiência do equipamento ao nível de consumo de água.

Os rótulos A⁺ e A⁺⁺ foram criados exclusivamente para autoclismos de baixo volume e só poderão ser utilizados em casos especiais.

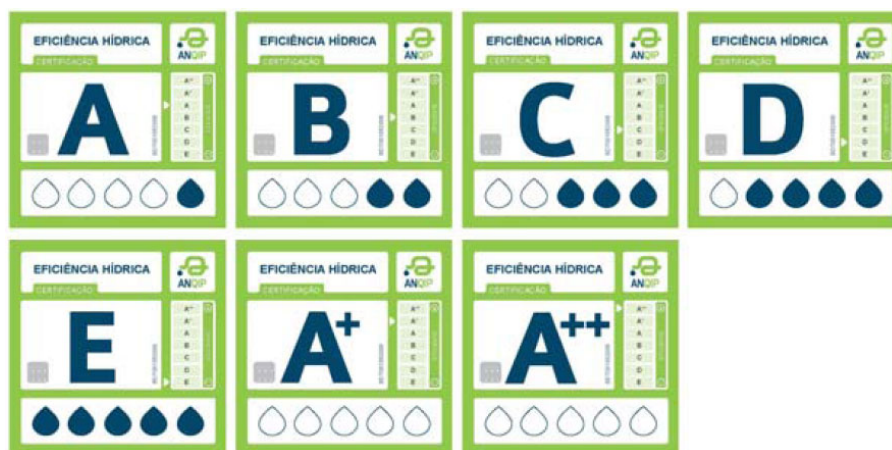


Figura 3.25 – Rótulos de eficiência hídrica [32]

Para os sistemas de duche e chuveiros, o modelo implementado considera que a utilização ideal (letra A) é aquela que tem um consumo de água entre 5,0 l/minuto e 7,0 l/minuto.

Os rótulos A e A+ são aplicáveis a cabeças de duche com caudal igual ou inferior a 5,0 l/minuto e deverão ter associada a indicação “Recomendável a utilização com torneiras termostáticas”, dado ser mais elevado o risco de escaldão.

CAUDAL (Q) (l/min)	Chuveiro	Sistemas de duche	Sistema de duche com torneira termoestática ou eco-stop	Sistema de duche com torneira termoestática e eco-stop
$Q \leq 5$	A+	A+	A++	A++
$5,0 < Q \leq 7,0$	A	A	A+	A++
$7,0 < Q \leq 9,0$	B	B	A	A+
$9,0 < Q \leq 15,0$	C	C	B	A
$15,0 < Q \leq 30,0$	D	D	C	B
$30,0 < Q$	E	E	D	C

Figura 3.26 – Categorias de certificação de chuveiros [32]

As torneiras são o dispositivo mais comum, quer nas habitações quer em instalações colectivas. Numa habitação comum existem, no mínimo, 3 a 5 torneiras. Para as torneiras de lavatório (residências), o modelo que se encontra actualmente em estudo considera que a utilização ideal (letra A) é aquela que tem um consumo de água de 2,0 l/minuto.

Para as torneiras de cozinha, o modelo considera que a utilização ideal (letra A) é aquela que tem um consumo de água de 4,0 l/minuto.

CAUDAL (Q) (l/min)	Torneiras de lavatório	Torneiras de lavatório com arejador ou eco-stop	Torneiras de lavatório com arejador e eco-stop
$Q \leq 2.0$	A	A+	A++
$2.0 < Q \leq 4.0$	B	A	A+
$4.0 < Q \leq 6.0$	C	B	A
$6.0 < Q \leq 8.0$	D	C	B
$8.0 < Q$	E	D	C

Figura 3.27 – Categorias de certificação de torneiras de lavatório [32]

CAUDAL (Q) (l/min)	Torneiras de cozinha	Torneiras de cozinha com arejador ou eco- stop	Torneiras de cozinha com arejador e eco- stop
$Q \leq 4.0$	A	A+	A++
$4.0 < Q \leq 6.0$	B	A	A+
$6.0 < Q \leq 8.0$	C	B	A
$8.0 < Q \leq 10.0$	D	C	B
$10.0 < Q$	E	D	C

Figura 3.28 – Categorias de certificação de torneiras de cozinha [32]

Do ponto de vista do potencial de redução dos consumos, apresentam-se dois quadros. No Quadro 3.18 são estimados os consumos diários e anuais com base na utilização de dispositivos do tipo convencional (conforme o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais [27]).

Quadro 3.18 – Consumos diários utilizando dispositivos convencionais [32]

Produto	Consumo	Tempo de utilização diário acumulado	Valor total	Total diário	Total mensal	Total anual
	(l/s)	(1 pessoa/min)	(2,7 pessoas/min)	(l/dia)	(m3/mês)	(m3/ano)
Duche	0,15	5	13,5	121,5	3,6	44,3
Lavatório	0,1	4	10,8	64,8	1,9	23,6
Pia lava louça	0,2	-	5,0	60,0	1,8	21,9

Produto	l por utilização ou por descarga	N.º de utilizações diárias ou de descargas	N.º utilizações ou descargas totais	Total diário	Total mensal	Total anual
		(por pessoa)	(2,7 pessoas)	(l/dia)	(m3/mês)	(m3/ano)
Autoclismo	9	6	16,2	145,8	4,4	53,2
Máquina de lavar roupa	90	-	1	90,0	2,7	32,9
Máquina de lavar louça	22	-	1	22,0	0,7	8,0
Totais				504,1	15,1	183,9

A utilização de dispositivos do tipo convencional, prevista no Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, prevê uma capitação de cerca de 187l/hab.dia, contrariando os valores médios.

O Quadro 3.19 apresenta valores onde são estimados os mesmos consumos com a utilização de dispositivos certificados com o rótulo A.

Quadro 3.19 – Consumos diários utilizando dispositivos categoria A [32]

Produto	Consumo	Tempo de utilização diário acumulado	Valor total	Total diário	Total mensal	Total anual
	(l/s)	(1 pessoa min)	(2,7 pessoas min)	(l/dia)	(m3/mês)	(m3/ano)
Duche	0,08	5	13,5	64,8	1,9	23,6
Lavatório	0,03	4	10,8	19,4	0,6	7,1
Pia lava louça	0,06	-	5,0	18,0	0,5	6,6

Produto	l por utilização ou por descarga	N.º de utilizações diárias ou de descargas	N.º utilizações ou descargas totais	Total diário	Total mensal	Total anual
		(por pessoa)	(2,7 pessoas)	(l/dia)	(m3/mês)	(m3/ano)
Autoclismo	6	6	16,2	97,2	2,9	35,5
Máquina de lavar roupa	45	-	1	45,0	1,3	16,4
Máquina de lavar louça	16	-	1	16,0	0,5	5,8
Totais				260,4	7,7	95,0

A utilização de dispositivos certificados com a categoria A prevê uma captação de cerca de 96l/hab.dia, valor este que se aproxima mais do consumo útil necessário para satisfazer as necessidades humanas, 50 l/hab.dia, como visto anteriormente.

Relembra-se que estes valores não têm em conta qualquer sistema de aproveitamento de água e só contemplam a utilização de dispositivos mais eficientes.

3.3. OS SISTEMAS DE REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA NO PARQUE EDIFICADO

3.3.1. ÁGUAS PLUVIAIS

O aproveitamento da água da chuva em meio urbano deverá ser encarado de forma a poder constituir-se como um meio de contribuição para o desenvolvimento de uma política de promoção do uso sustentável da água.

As águas pluviais deverão ser consideradas como não potáveis, pelo que o seu uso deverá ser limitado ao abastecimento público de sistemas de rega e de sistemas de combate a incêndios, à lavagem de pavimentos e veículos, descargas de autoclismos e lavagens de roupa. A adopção destes sistemas de distribuição de água não potável levanta alguns problemas de carácter legal, uma vez que, em termos de legislação nacional [27], está vedada a existência nas edificações de redes de distribuição de água não potável para alguns destes fins.

Artigo 86º

Utilização de Água não potável

1 – A entidade gestora do serviço de distribuição pode autorizar a utilização de água não potável exclusivamente para lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares, desde que salvaguardadas as condições de defesa da saúde pública.

2 – As redes de água não potável e respectivos dispositivos de utilização devem ser sinalizados.

Nas Figuras 3.21, 3.22 e 3.23, observa-se que a pluviosidade média mensal não está distribuída de igual forma em Portugal, sabe-se que no norte chove mais e que no baixo Alentejo chove menos.

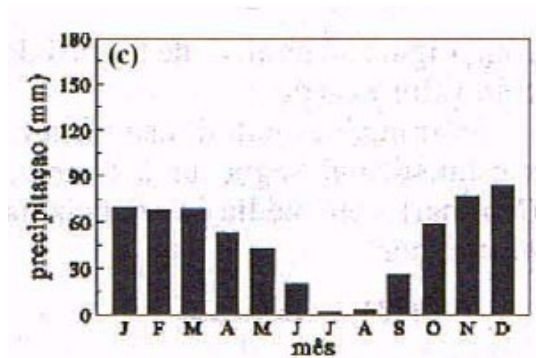


Figura 3.29 – Séries de precipitação no período 1900-2000, precipitação mensal média – Beja [33]

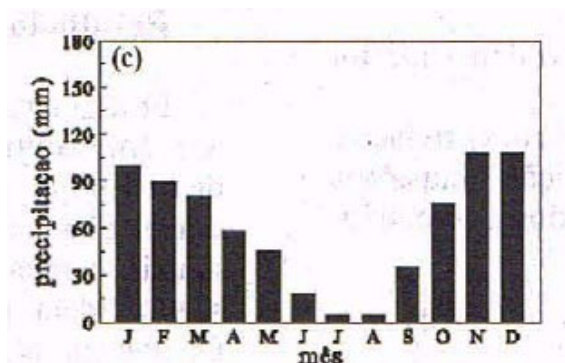


Figura 3.30 – Séries de precipitação no período 1900-2000, precipitação mensal média – Lisboa [33]

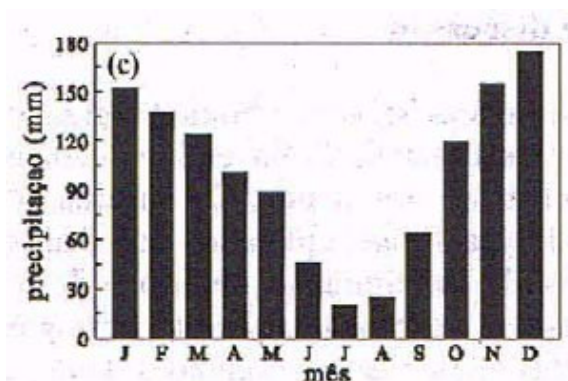


Figura 3.31 – Séries de precipitação no período 1900-2000, precipitação mensal média – Porto [33]

Sabendo os consumos médios diários dos vários dispositivos e usos, é possível estimar-se as necessidades anuais, de forma a dimensionar um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Mediante a lei, sabe-se que está prevista a utilização de águas pluviais em autoclismos e máquinas de lavar roupa, neste caso a utilização destes dispositivos pode ser considerada para os 365 dias do ano, tanto para os edifícios unifamiliares bem como para os edifícios multifamiliares.

No Quadro 3.20, observa-se que as necessidades de utilização de água em edifícios unifamiliares, considerando um edifício tipo onde habitam 4 pessoas.

Quadro 3.20 – Necessidades Mensais de água - Aproveitamento de Águas Pluviais (Edifícios Unifamiliares)

Dispositivos	Consumo diário (l/hab.dia)	Nº agregado familiar (hab)	Nº Dias (dias)	Consumo (litros)	Consumo (m3)
Autoclismo	30	4	30	3600	4
Máquina da roupa	10	4	30	1200	1
		Total	Autoclismo		4
			Autoclismo + Máquina da Roupa		5

Observa-se que as necessidades de utilização de água em edifícios multifamiliares são superiores, Quadro 3.21. Neste caso considerou-se um edifício tipo, constituído por 5 pisos, com dois fogos por piso, em que habitam 3 pessoas por fogo.

Quadro 3.21 – Necessidades Mensais de água - Aproveitamento de Águas Pluviais (Edifícios Multifamiliares)

Dispositivos	Consumo diário (l/hab.dia)	Nº agregado familiar (hab)	Nº Dias (dias)	Nº Fogos/Piso	Nº Pisos	Consumo (litros)	Consumo (m3)
Autoclismo	30	3	30	2	5	27000	27
Máquina da roupa	10	3	30	2	5	9000	9
		Total	Autoclismos				27
			Autoclismos + Máquina Lavar Roupa				36

Verifica-se que os consumos mensais necessários para edifícios unifamiliares e multifamiliares são de 5m³ e 36m³ respectivamente.

Considerando que um edifício unifamiliar em média tem uma área de 200m² de área de captação e que um edifício multifamiliar tem uma área de captação média de 480m², consegue-se saber as necessidades médias mensais de chuva.

Desta forma obtêm-se os valores mensais de 25mm/m² para edifícios unifamiliares e 75mm/m² para edifícios multifamiliares. Analisando os gráficos das Figuras 3.29, 3.30 e 3.31 verificam-se os seguintes números de meses onde os valores mínimos são possíveis de obter para Lisboa, Porto e Beja.

Quadro 3.22 – Número de meses quentes por zonas, onde os valores mínimos de precipitação não são atingidos

	Lisboa		Porto		Beja	
	Nº meses	Meses	Nº meses	Meses	Nº meses	Meses
Unifamiliares	3	Jun, Jul e Ago	2	Jun e Ago	4	Jun, Jul, Ago e Set
Multifamiliares	6	Abr, Mai, Jun, Jul, Ago e Set	4	Jun, Jul, Ago e Set	10	Jan, Fev, Mar, Abr, Mai, Jun, Jul, Ago, Set e Out

Analisando o Quadro 3.22 em pormenor, torna-se claro que no norte do país existe maior potencial de aproveitamento de águas pluviais e que o maior potencial de aproveitamento de águas está nos edifícios unifamiliares, pois os meses em que não são atingidos os mínimos necessários de pluviosidade são muito menos frequentes.

Acrescenta-se o facto de se estar a admitir que existem depósitos para águas pluviais de tamanho ilimitado, não sendo esta a realidade. Acrescenta-se também que o processo de implementação destes sistemas pode não ser fácil para o caso de edifícios multifamiliares, sendo mais simples de implementar em edifícios unifamiliares.

Para o caso de edifícios multifamiliares, considera-se o caso mais favorável que corresponde à região do Porto, onde existem apenas 4 meses em que a pluviosidade média não chega para abastecer as quantidades mensais necessárias para edifícios multifamiliares, partindo do princípio que todos os outros meses conseguem encher um depósito com a quantidade necessária e não se aproveitando o excesso. Obtém-se então uma quantidade média necessária para os 4 meses fazendo o produto dos 36m³ pelos 4 meses, obtendo-se o valor de 144m³. Este valor supõe que durante 4 meses não chove no Porto, o que pode não ser verdade, pois poderá chover, mas sem que a quantidade seja suficiente para encher o depósito. Acontece que mesmo não sendo verdade, a quantidade que é necessário armazenar é muito elevada para ser sustentável utilizar depósitos de água pluvial (capacidades média dos depósitos de 8m³, sendo possível unir vários até uma capacidade de 30m³, segundo [34]).

Para edifícios unifamiliares, os usos exteriores podem ser considerados para um período de utilização nos meses quentes, Junho, Julho, Agosto e Setembro (caso mais desfavorável em Beja).

Numa tentativa de dimensionamento dos sistemas pluviais e tendo em conta que os meses de maior consumo em regas, lavagem de pavimentos e de automóveis correspondem aos meses de verão existe uma dicotomia entre os meses quentes e os meses de chuva, onde os usos de água ao nível exterior podem ser considerados nulos. Desta forma, pode-se considerar que durante os meses quentes há uma necessidade de utilização da água para os usos exteriores mais a água que é necessária para a utilização dos autoclismos e máquina da roupa.

Dimensionando os reservatórios de água pluvial para os 4 meses em que não são reabastecidos, obtém-se o Quadro 3.23, para os edifícios unifamiliares.

Quadro 3.23 – Necessidades de água nos meses quentes - Aproveitamento de águas Pluviais (Edifícios Unifamiliares)

Dispositivos	Consumo diário (l/hab.dia)	Nº agregado familiar (hab)	Nº Dias (dias)	Consumo (litros)	Consumo (m ³)
Autoclismo	30	4	120	14400	14
Máquina da roupa	10	4	120	4800	5
Usos Exteriores	30	4	120	14400	14
Total					
Autoclismo					14
Autoclismo + Máquina da Roupa					19
Autoclismos + Máquina Lavar Roupa + Usos Exteriores					34

Observa-se que a parcela dos usos exteriores corresponde a 14m³ durante os meses quentes, um valor semelhante às necessidades de autoclismo, cerca de 14m³. O aproveitamento de águas pluviais em edifícios unifamiliares pode reduzir o consumo de água potável em 46,7%.

Prevê-se então que os reservatórios de água pluvial necessários para utilizar a água das chuvas durante os meses quentes deverão ter uma capacidade de cerca de 34m³. Salienta-se que se considerou o caso mais desfavorável de Quadro 3.22 (Beja) neste cálculo. Para outras localizações, essa capacidade deverá ser inferior.

É importante referir que o aproveitamento de águas pluviais depende do revestimento da área de captação, devendo o valor de dimensionamento ser acrescido de um factor de aproveitamento de 0,9, sugerido por alguns fornecedores [34]. Acrescenta-se também que os

sistemas de água pluvial devem estar ligados à rede pública para que não exista interrupção do fornecimento de água, caso esta acabe no reservatório.

No mercado existem algumas marcas de reservatórios de captação de águas pluviais. Na Figura 3.32 apresenta-se um exemplo de aplicação de um desses reservatórios.

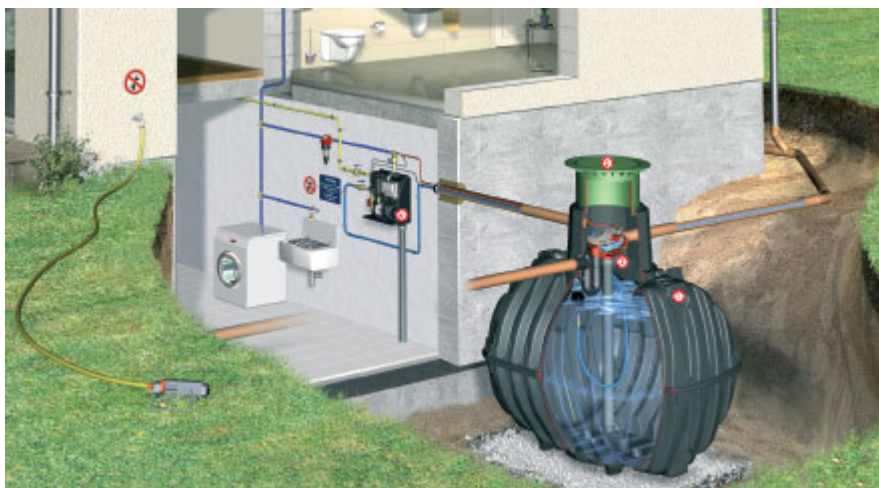


Figura 3.32 – Exemplo de aproveitamento de águas pluviais em edifícios unifamiliares (catalogo GRAF) [34]

Em suma, num edifício multifamiliar torna-se complicado e inviável aproveitar as águas pluviais para utilização em autoclismos e máquinas da roupa. Para o caso de edifícios unifamiliares o mesmo não acontece e verifica-se que, caso os reservatórios de captação de águas pluviais sejam bem dimensionados, é possível reduzir os consumos dos autoclismos, máquinas da roupa e usos exteriores em cerca de 100%.

3.3.2. ÁGUAS RESIDUAIS

O aproveitamento de algumas águas residuais domésticas como as águas cinzas provenientes de duchas ou equiparáveis, após tratamento adequado, poderá constituir-se como uma medida capaz de reduzir significativamente os consumos urbanos de água potável, através da sua reutilização em descargas de autoclismo, em sistemas de rega e em sistemas de combate a incêndios, de acordo com Pedroso [26].

A utilização de águas não potáveis está condicionada à legislação nacional [27], como visto anteriormente, pelo que se justifica sempre um estudo aprofundado que conduza a uma definição adequada para os vários tipos de tratamentos e utilizações possíveis destas águas.

Analisando os consumos de água de edifícios unifamiliares e multifamiliares podem obter-se volumes passíveis de utilizar após tratamento. Para que seja possível ter uma noção destes volumes descrevem-se no Quadro 3.24 os consumos mensais para edifícios unifamiliares.

Quadro 3.24 – Aproveitamento mensal de águas Residuais (Edifícios Unifamiliares)

Dispositivos	Consumo diário (l/hab.dia)	Nº agregado familiar (hab)	Nº Dias (dias)	Consumo (litros)	Consumo (m ³)
Duche/Banho	45	4	30	5400	5
Lava-loiça (cozinha+limpezas)	15	4	30	1800	2
Lavatório+bidé	16	4	30	1920	2
Máquina da roupa	10	4	30	1200	1
Máquina da louça	4	4	30	480	0
Autoclismo	30	4	30	3600	4
		Duche/Banho		5400	5
		Duche/Banho + Torneiras		9120	9
		Duche/Banho + Torneiras + Máquina da roupa		10320	10
	Total	Duche/Banho + Torneiras + Máquina da roupa + Máquina da louça		10800	11
		Duche/Banho + Torneiras + Máquina da roupa + Máquina da louça + Autoclismo		14400	14

Verifica-se que as águas cinzas passíveis de aproveitar são da ordem dos 11m³ mensais, e caso se adicione a parcela das águas dos autoclismos temos então um consumo de 14m³ mensais, que se traduz num potencial de aproveitamento de águas residuais.

Veja-se agora, no Quadro 3.25, o consumo mensal de um agregado familiar que habite num edifício unifamiliar nos meses quentes onde os usos exteriores são uma parcela importante do consumo.

Quadro 3.25 – Consumo mensal pelo agregado familiar passível de substituição por águas residuais (Edifícios Unifamiliares)

Dispositivos	Consumo diário (l/hab.dia)	Nº agregado familiar (hab)	Nº Dias (dias)	Consumo (litros)	Consumo (m ³)
Autoclismo	30	4	30	3600	4
Usos Exteriores	28	4	30	3360	3
		Total		6960	7

Analisando os consumos mensais das águas passíveis de serem substituídas, os autoclismos e usos exteriores, consegue-se prever que existe um grande potencial de utilização destas águas.

Fazendo a diferença entre os litros de água consumida que se converte em águas cinzas (11m^3) e os litros de água passíveis de aproveitamento (7m^3), obtêm-se 4m^3 que podem ser utilizados para regas de espaços adjacentes. A utilização de água reciclada nos dispositivos mencionados no Quadro 3.25 corresponde a uma poupança mensal de 40% em edifícios unifamiliares, ou seja, a repartição dos consumos médios diários de água potável deixa de conter a parcela dos consumos do autoclismo, rega de jardim e lavagem de automóvel, reduzindo a captação de água potável para 90l/hab.dia como indicado no Quadro 3.28 mas mantendo o consumo de água global num nível idêntico, correspondente aos 150l/hab.dia.

Num edifício unifamiliar verifica-se que o aproveitamento de águas cinzas permite substituir todos os consumos passíveis de receber águas recicladas. Somando as águas residuais provenientes dos autoclismos obtêm-se um ganho extra de água que poderá ser utilizada para regas de espaços adjacentes.

No Quadro 3.26 apresenta-se uma análise semelhante, que estima os consumos mensais passíveis de serem aproveitados após tratamento no caso de edifícios multifamiliares.

Quadro 3.26 – Aproveitamento mensal de águas Residuais (Edifícios Multifamiliares)

Dispositivos	Consumo diário (l/hab.dia)	Nº agregado familiar (hab)	Nº Dias (dias)	Nº Fogos/Piso	Nº Pisos	Consumo (litros)	Consumo (m^3)
Duche/Banho	45	3	30	2	5	40500	41
Lava-loiça (cozinha+limpezas)	15	3	30	2	5	13500	14
Lavatório+bidé	16	3	30	2	5	14400	14
Máquina da roupa	10	3	30	2	5	9000	9
Máquina da louça	4	3	30	2	5	3600	4
Autoclismo	30	3	30	2	5	27000	27
Total	Duche/Banho					40500	41
	Duche/Banho + Torneiras					68400	68
	Duche/Banho + Torneiras + Máquina da roupa					77400	77
	Duche/Banho + Torneiras + Máquina da roupa + Máquina da louça					81000	81
	Duche/Banho + Torneiras + Máquina da roupa + Máquina da louça + Autoclismo					108000	108

No caso de edifícios multifamiliares os consumos são bastante superiores, cerca de 81m^3 mensais provenientes de águas cinzas e cerca de 108m^3 somando os autoclismos.

Quadro 3.27 – Consumo mensal pelo agregado familiar passível de substituição por águas residuais (Edifícios Multifamiliares)

Dispositivos	Consumo diário (l/hab.dia)	Nº agregado familiar (hab)	Nº Dias (dias)	Nº Fogos/Piso	Nº Pisos	Consumo (litros)	Consumo (m ³)
Autoclismo	30	3	30	2	5	27000	27
					Total	27000	27

Analisando de forma análoga os consumos possíveis de substituir, que neste caso não incluem os usos exteriores, obtém-se uma diferença de 54m³, ou seja, é possível poupar 25% do consumo global no edifício, o que correspondente à água potável gasta em autoclismos. Contudo sobra uma grande quantidade de água cinza que poderá ser aproveitada para regas de espaços urbanos, ver Quadro 3.27.

A repartição dos consumos médios diários de água potável em edifícios multifamiliares deixa de conter a parcela dos consumos do autoclismo, reduzindo a captação para 90l/hab.dia de água potável indicados no Quadro 3.28, mas mantendo o consumo global de água em valores idênticos, correspondentes aos 120l/hab.dia.

Caso sejam aproveitadas as águas provenientes dos autoclismos (águas negras), então o potencial de aproveitamento de água não potável aumenta.

Parece evidente que as águas residuais tratadas podem ajudar a diminuir os consumos de água potável. No entanto há que perceber que estas águas só poderão ser utilizadas para reabastecimento de autoclismos e usos exteriores, sendo que a utilização na máquina da roupa poderá estar condicionada pela opinião da população.

Quadro 3.28 – Repartição dos consumos médios diários de água potável com aproveitamento de águas residuais

Aparelhos/utilizações	Consumo (l/hab.dia)			
	Edifício multifamiliar		Edifício unifamiliar	
Lava-loiça, (cozinha+limpezas)	15	12,5%	15	10,0%
Máquina de lavar loiça	4	3,3%	4	2,7%
Máquina de lavar roupa	10	8,3%	10	6,7%
Duche	45	37,5%	45	30,0%
Lavatório+bidé	16	13,3%	16	10,7%
Autoclismo	0	25,0%	0	20,0%
Rega de jardim			0	18,7%
Lavagem de automóvel			0	1,3%
TOTAL/dia	90		90	

No Quadro 3.28 verifica-se que o consumo de água potável em edifícios unifamiliares e multifamiliares com o recurso a aproveitamento de águas cinzas é igual a 90l/hab.dia. Lembra-se contudo que estes consumos não têm em conta a utilização de dispositivos mais eficientes.

Os processos de depuração de águas residuais são usualmente E.T.A.R. que funcionam ao nível dos municípios tornando complicado o reaproveitamento das águas residuais a partir destas infra-estruturas. Por outro lado as E.T.A.R. recebem quer as águas cinzas que as negras, sem existir qualquer tipo de separação.

Um estudo citado muitas vezes por investigadores e apelidado de ‘estudo clássico sueco’ foi realizado por Karlgren Lars Karlgren, Victor Tullander, Torsten Ahl e Eskil Olson em 1967 [35]. Este estudo desenvolveu-se durante 12 semanas num complexo de múltiplos apartamentos em Estocolmo, onde foram separadas as águas cinzas das águas negras.

Do estudo apurou-se que as águas cinzas são mais facilmente recicláveis que as águas negras pois decompõem-se muito mais rapidamente. As águas cinzas são 10 a 15 graus mais quentes que as águas negras e contêm elevados níveis de gordura, fibra e partículas. Tratar as águas cinzas antes que estas atinjam um estado tóxico (é um processo que pode demorar menos que 3 horas) é importante para reduzir os riscos de poluição [35].

Uma solução para o tratamento das águas residuais cinzas está na utilização do processo rizosférico das plantas em instalações construídas ao nível das habitações ou grupos de habitações (quarteirões). O sistema de depuração rizosférica pela tecnologia Kickuth [36] envolve numa primeira fase um tratamento preliminar realizado ao nível de um tanque séptico ou Tanque Imhoff onde decorre a sedimentação duma fracção significativa dos sólidos em suspensão por efeito da acção da gravidade e a aglomeração superficial de espuma sobrenadante.

Numa segunda fase, a fracção não sedimentada do esgoto é encaminhada para uma bacia de plantas, onde decorrem processos de depuração e tratamento quer secundário, quer terciário.

A maior especificidade da depuração rizosférica reside no facto do efluente ser tratado e descontaminado numa interface de substrato enraizado, ou camada de filtragem, permitindo articular as diversas propriedades de depuração de um meio anisotrópico natural, constituído simultaneamente por “terra”, por “ar” e por “água”. Esta particularidade reflecte-se não apenas na óbvia maior variedade de interacções dos processos físicos, químicos e biológicos e consequentes rendimentos acrescidos de eficácia depuradora, mas ainda na possibilidade de instalar sistemas de tratamento subterrâneos, não visíveis directamente à superfície, segundo Kickuth [36].

Um dos aspectos mais importantes e vantajosos na aplicação deste processo é a capacidade de redução do volume de efluente à saída da unidade depuradora. Estima-se aproximadamente uma redução do volume de líquido tratado na ordem dos 25%, relativamente ao volume bruto. Esta capacidade deve-se à taxa de evapotranspiração realizada pelas plantas, que, para fixarem o CO_2 da atmosfera libertam H_2O ., de acordo com Kickuth [36].

Apesar deste processo poder ser utilizado tanto para as águas cinzas como para as águas negras verifica-se que as águas negras são de tratamento muito mais difícil. É importante referir que as águas negras são águas que contêm muito nitrogénio, que é um poluente muito sério e de difícil remoção afectando as potenciais reservas de água [37].

Desta forma, recomenda-se o uso de filtros rizosféricos para tratamento de águas exclusivamente cinzas. É necessário ter cuidado com o uso de detergentes agressivos assim como lixívia se as águas reutilizadas são para uso em jardins ou produtos hortícolas. De salientar que o uso de agentes anti-bacterianos para lavar as mãos produz produtos químicos desnecessários e não melhoram a limpeza. [37].

Na Figura 3.33 pode ver-se um sistema de depuração de águas cinzas através do processo rizosférico para utilizar em edifícios de habitação.

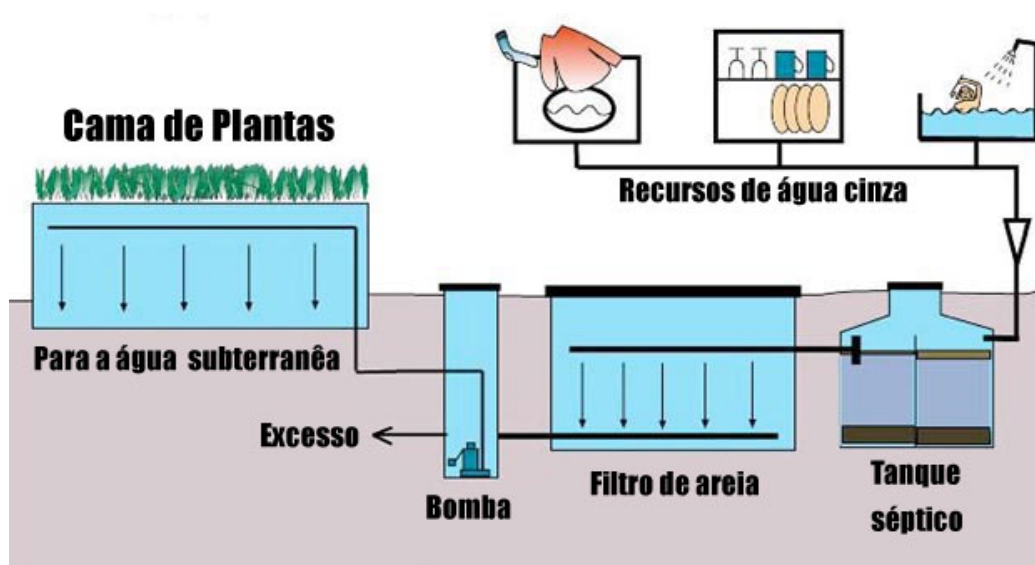


Figura 3.33 – Exemplo de um sistema de tratamento de águas cinzas com o processo rizosférico [37]

Os filtros rizosféricos podem ser construídos em muitos locais. Por exemplo no próprio leito de um ribeiro poluído, junto à saída de efluentes de fossas sépticas, de lagoas de tratamento, postos de gasolina, indústrias, escolas ou qualquer fonte de poluição líquida. O substrato

pode ser composto por telhas cerâmicas usadas, como se mostra na Figura 3.34, ou então entulhos provenientes de demolições, plásticos ou ainda brita [38].



Figura 3.34 – Arranjo de telhas usadas para a formação do substrato rizosférico [37]

Nas Figuras 3.35 a 3.41 representam-se algumas das plantas utilizadas nos filtros rizosféricos com a função de absorver os sais gerados pela decomposição dos poluentes e evitar a emissão de odores, [38].



Figura 3.35 – Iris Pseudocorus [38]



Figura 3.36 – Juncus Trifidus [38]



Figura 3.37 – *Cyperus Papyrus* [38]



Figura 3.38 – *Typha Spp* [38]



Figura 3.39 – *Schoenoplectus Lacustris* [38]



Figura 3.40 – *Acorus Calamus* [38]



Figura 3.41 – *Hedychium Coronarium* [38]

3.4. SÍNTESE DE CAPÍTULO

Nos Quadros 3.29 e 3.30 apresentam-se dois quadros resumo que contabilizam separadamente a utilização de dispositivos eficientes, aproveitamento de águas pluviais e de águas residuais cinzas, bem como a eficiência obtida com a combinação mais adequada destas metodologias que é possível ter em funcionamento num edifício.

Quadro 3.29 – Quadro resumo de eficiência do consumo de água em edifícios unifamiliares

Dispositivos	Uso padrão	Dispositivos certificados	Aproveitamento águas pluviais	Aproveitamento águas cinzas	Combinação Eficiente
Consumo (l/hab.dia)					
Lava-loiça, (cozinha+limpezas)	15	15	15	15	15
Máquina de lavar loiça	4	4	4	4	4
Máquina de lavar roupa	10	10	0	10	0
Duche	45	24	45	45	24
Lavatório+bidé	16	16	16	16	16
Autoclismo	30	13,8	0	0	0
Rega de jardim	28	28	0	0	0
Lavagem de automóvel	2	2	0	0	0
TOTAL/dia	150	113	80	90	59
Eficiência do consumo	33%	44%	63%	56%	85%

Analisando o Quadro 3.29 verifica-se que nos edifícios unifamiliares se conseguem obter consumos semelhantes aos propostos por Gleick [28], cerca de 50l/hab.dia, fazendo com que a eficiência atinja os 85% para o caso mais favorável. A combinação eficiente conjuga a utilização de aproveitamento de águas pluviais para a máquina de lavar louça, autoclismos, regas de jardins e lavagem de automóveis e a utilização de redutores de jacto/caudal nos duchos (0,08l/s).

A utilização de dispositivos certificados conduz a uma eficiência de 44% e corresponde à utilização de redutores de jacto/caudal nos duchos (0,08l/s) e autoclismos de descarga dupla (6l e 3l).

Quadro 3.30 – Quadro resumo de eficiência do consumo de água em edifícios multifamiliares

Dispositivos	Uso comum	Dispositivos certificados	Aproveitamento águas cinzas	Combinação Eficiente
Consumo (l/hab.dia)				
Lava-loiça, (cozinha+limpezas)	15	15	15	15
Máquina de lavar loiça	4	4	4	4
Máquina de lavar roupa	10	10	10	10
Duche	45	24	45	24
Lavatório+bidé	16	16	16	16
Autoclismo	30	13,8	0	0
TOTAL/dia	120	83	90	69
Eficiência do consumo	42%	60%	56%	72%

Para o caso de edifícios multifamiliares, cujos dados constam do Quadro 3.30, a combinação mais eficiente corresponde à utilização de redutores de jacto/caudal nos duchos (0,08l/s) e ao aproveitamento de águas cinzas nos autoclismos. Com esta combinação o

consumo desce dos 120l/hab.dia para os 69l/hab.dia de água potável, obtendo assim uma eficiência de 72%.

A utilização de dispositivos certificados em edifícios multifamiliares, só por si, conduz a uma eficiência de 60%, que equivale à redução do consumo de água potável de 120l/hab.dia para 83l/hab.dia.

Depois da análise dos Quadros 3.29 e 3.30, verifica-se que os edifícios unifamiliares atingem o máximo de eficiência do consumo de água com a utilização de dispositivos eficientes combinados com o aproveitamento de águas pluviais.

Nos edifícios multifamiliares, como se verificou que o aproveitamento de águas pluviais não era uma solução viável, atinge-se a maior eficiência do consumo de água utilizando dispositivos eficientes combinados com o aproveitamento de águas cinzas.

A utilização de dispositivos eficientes produz um aumento da eficiência do consumo de água nos edifícios, notando-se que a eficiência é maior nos edifícios multifamiliares devido a não existirem usos exteriores.

4. CONTRIBUIÇÃO PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA EM EDIFÍCIOS

Neste capítulo indicam-se, sob a forma de proposta, as medidas a tomar nas diferentes fases do ciclo de vida do edifício conducentes à melhoria da eficiência do uso da água, com o objectivo de contribuir para um reforço do processo de construção sustentável.

O capítulo termina com o desenvolvimento de quadros resumo com todas as actividades que são passíveis de serem aplicadas às construções novas e existentes e que consubstanciam a implementação de medidas eficientes tendo em vista um correcto consumo de água.

A proposição de um conjunto de actividades que envolvem todo o ciclo de vida do edifício possibilita que o processo de concepção de futuros edifícios bem como o de reabilitação dos actuais possa ser desenvolvido de um modo mais robusto, permitindo destacar o factor eficiência no uso de água.

Deste modo, o processo de intervenção englobará as seguintes etapas, Figura 3.42.

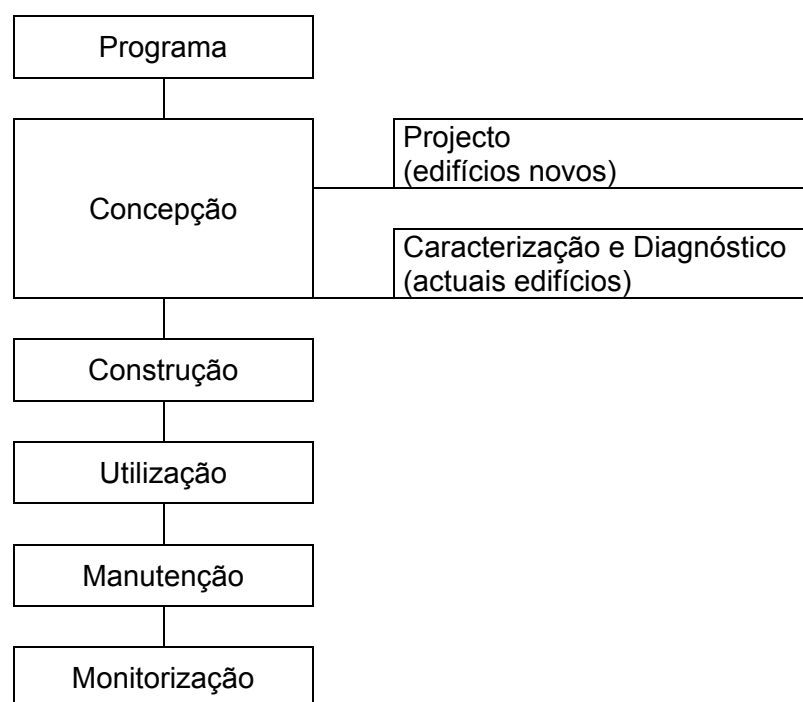


Figura 4.42 – Etapas do processo de intervenção

Com base neste processo de intervenção importa que, sendo o mesmo um Processo que irá poder acomodar as duas situações de novos edifícios e reabilitação dos actuais, se identifique quais as principais acções que se devem desenvolver na etapa da concepção. Esta etapa é sem dúvida a mais relevante pois é aqui, segundo Amado [39], que se

determinam mais de 80% dos consumos de recursos naturais, entre os quais a água se insere.

De igual modo é na etapa da concepção que se encontra a principal diferença entre novos edifícios e edifícios actuais. Enquanto nos primeiros é definida a organização funcional de espaços, a sua organização e estrutura, na segunda situação, edifícios actuais, os procedimentos são diferentes pois esta etapa inicia-se por uma análise e diagnóstico do edificado existente e só após essa diligência se procede à articulação com o programa, de modo a conceber o projecto de reabilitação.

Assim, descreve-se de seguida os procedimentos para cada uma das etapas.

4.1. O USO EFICIENTE DE ÁGUA NAS DIFERENTES FASES DO CICLO DE VIDA DO EDIFÍCIO

O processo de construção sustentável ao longo de todo o ciclo de vida de um edifício visa aplicar os princípios do desenvolvimento sustentável através da implementação de métodos, de acções passivas, de processos construtivos rigorosos e detalhados, da utilização de materiais renováveis e de uma eficiente avaliação e monitorização, de acordo com Amado [21].

Verifica-se que o processo de implementação de medidas e processos mais eficientes ao nível do consumo de água numa habitação deve estar de acordo com o parque habitacional existente. Desta forma justifica-se desenvolver métodos de implementação que contemplem não só as construções novas, mas também todo o edificado habitacional existente.

Durante o ciclo de vida do edifício existem fases cruciais que validam a eficiência do uso de água. Pretende-se demonstrar a importância que as fases do ciclo de vida têm para melhorar a eficiência e sustentabilidade do consumo de água num edifício de habitação.

4.1.1. FASE DE PROJECTO

A fase de projecto, fase em que se projectam as redes e dispositivos bem como os espaços destinados aos mesmos, é uma fase importantíssima na medida em que a maior eficiência se obtém quando o edifício é bem projectado.

Para uma implementação de sistemas eficientes do consumo de água é fundamental elaborar estudos que permitam apurar a pluviosidade no local com o fim de desenvolver uma

geometria conjugada com uma solução estética, permitindo ao projectista ter em consideração os inúmeros factores e variantes de análise do projecto, sem introduzir dificuldades operativas ou restrições à criatividade.

Ainda na fase de projecto é importante estimar o conforto ambiental dos ocupantes, obtendo assim soluções eficientes de acordo com o mesmo.

Uma selecção criteriosa dos dispositivos passivos, assim como uma avaliação da viabilidade de instalação de dispositivos para reutilização de águas pluviais e residuais, é ponto determinante desta fase.

Como visto anteriormente, um edificio eficiente ao nível dos consumos de água deve ter dispositivos eficientes. Desta forma, torna-se necessário que os mesmos sejam bem discriminados no projecto e é indispensável que sejam descritos todos os processos de implementação, os consumos máximos dos mesmos e os rótulos mínimos de certificação.

No caso dos edificios unifamiliares assegura-se uma melhor eficiência com recurso ao aproveitamento de águas pluviais. Sendo assim, recomenda-se que se estude convenientemente as necessidades de captação de água, de forma a projectar as coberturas. É fundamental prever onde será implementado o reservatório de armazenamento de águas pluviais e as suas ligações com a rede de distribuição. Neste caso, deve ser prevista uma rede interna de água não potável que ligue aos autoclismos, máquina da roupa e pontos de água exteriores.

Nos edificios multifamiliares, por sua vez, garante-se uma maior eficiência no uso de água com a implementação de dispositivos de reutilização de águas cinzas. O aproveitamento de águas cinzas com recurso ao processo rizosférico deve ser projectado para que o dispositivo seja colocado nas imediações dos edificios. Este processo pode ser implementado em grande escala, devendo ser estudado a sua utilização em aglomerados de edificios, vulgo quarteirões. Deste modo consegue-se utilizar uma só zona verde que ao mesmo tempo recicle toda a água cinza proveniente do quarteirão.

De modo a reaproveitar a água cinza nos edificios, deve ser pensado e projectado um sistema de redes de água que liguem a saída do processo rizosférico aos dispositivos de utilização, neste caso aos autoclismos e aos espaços verdes adjacentes, visto que se consegue aproveitar a água para regas.

Relembra-se que, segundo a lei Portuguesa, é necessário um estudo exaustivo que permita apurar a viabilidade da utilização de águas residuais, pois existem preocupações com a saúde pública. Todas as saídas de água não potável, quer provenham de águas pluviais ou águas residuais, devem estar assinaladas com um rótulo que permita a percepção rápida e instintiva da proveniência das mesmas.

Uma adopção e compatibilização do sistema construtivo bem como uma exacta compatibilidade entre especialidades do projecto devem ser tidas em conta, para que se minimizem os consumos de água na fase de construção e utilização. Simulando e avaliando o processo construtivo contribui-se para um melhor desempenho na fase de construção, conseguindo reduzir desperdícios de água.

4.1.2. FASE DE CONSTRUÇÃO

A fase de construção tem consumos de água na ordem dos 192l/m² que é uma parcela importante que deve ser tida em conta. Apesar de ser mais complicado reduzir os consumos nesta fase, pode-se discriminar no projecto algumas medidas que conduzam a um melhor aproveitamento de água, como por exemplo não deixar a água correr em obra. Parte destas medidas são de consciencialização dos trabalhadores para o facto de se consumirem quantidades grandes de água nesta fase e tentando incentivar a que se poupe este bem precioso.

O processo construtivo deve ser rigoroso e detalhado de forma a minimizar consumos desnecessários. A adopção de rotinas de execução sustentáveis bem como o acompanhamento sistemático das diferentes fases de construção devem ser objecto de grande atenção, sempre com o intuito de poupar água nesta fase.

Deve ser estudado preferencialmente a adopção de produtos e materiais de construção com baixa quantidade de água incorporada ou a adopção de eco-materiais. A colocação de sistemas de recolha de águas pluviais na fase de construção tem um potencial elevado de redução do consumo de água potável, sendo esta uma medida muito eficiente de poupança. Acrescenta-se que a instalação de dispositivos de redução e controle do fluxo de água é uma medida passiva que permite avaliar e monitorizar os consumos durante esta fase.

4.1.3. FASE DE UTILIZAÇÃO

Durante a fase de utilização verificam-se os maiores consumos de todo o ciclo de vida do edifício pois é nesta fase que os habitantes ocupam a habitação e consomem água. Esta fase depende em parte dos dispositivos que foram projectados previamente e das medidas passivas que foram adoptadas na fase de projecto. No entanto recomenda-se a elaboração de um manual de utilização do edifício assim como uma listagem de materiais, produtos e

fornecedores com o intuito de especificar processos de utilização e de manutenção durante esta fase.

No entanto, como foi analisado, a tendência para o crescimento do parque habitacional não é elevada e devemos ter consciência que reabilitar e ocupar edifícios já existentes é uma realidade inerente. Dessa forma, há que estudar a eficiência do edifício já existente em termos de consumo de água e apurar que medidas podem ser colocadas em prática de forma a conseguir otimizar ao máximo o consumo de água.

Por exemplo, colocar redes prediais para águas não potáveis, para o uso em autoclismos e máquinas da roupa, provenientes do aproveitamento de águas pluviais ou reutilização de águas residuais, pode ser uma medida complicada de por em prática. Sendo que neste caso a alternativa reside na adopção de dispositivos mais eficientes, substituição de chuveiros, autoclismos e torneiras que não vedem bem a passagem de água.

4.1.4. FASE DE MANUTENÇÃO

Quando o edifício entra em fase de deterioração é fundamental proceder a reparações para que o conforto dos seus ocupantes se mantenha. Para isso, devem estar explícitas num manual de procedimentos de manutenção, rotinas e procedimentos periódicos com o intuito de garantir as condições desejadas e estabelecidas no projecto.

A manutenção de todos os dispositivos certificados deve ser levada a cabo regularmente de modo a que os mesmos garantam as condições de funcionamento inicialmente projectados, como é o caso dos fluxómetros que devem actuar durante o período de tempo necessário.

Nesta fase é importante proceder a revisões nos tanques ou sistemas de recolhas de água pluvial bem como a sua limpeza e reparação. O mesmo acontece para os sistemas de recolha e aproveitamento de águas residuais, onde é crucial neste caso averiguar e reparar derrames e fugas. A limpeza de bombas de abdução e válvulas fazem parte da manutenção periódica que devem constar no manual de procedimentos.

4.1.5. MONITORIZAÇÃO

A monitorização não constitui uma fase do ciclo de vida, mas é antes transversal a todas as fases desse ciclo. Importa referir que o uso eficiente de água em edifícios está

condicionado por uma boa monitorização. Esta deve conseguir avaliar permanentemente a eficiência hídrica de um edifício de modo a identificar anomalias e corrigir rapidamente as patologias ocorridas.

Como foi verificado anteriormente, uma parcela importante do consumo doméstico corresponde a fugas de água em torneiras e autoclismos. Uma falha de estanquidade num dispositivo, uma fissura ou uma ligação mal obturada pode ter um impacto significativo no consumo mensal de água potável de um pequeno agregado familiar, como indicado por Pedroso [26].

Acresce-se que, apesar de poderem ser de difícil identificação, é natural existirem rupturas em tubagens, especialmente em tubagens de ferro fundido, que são características de edifícios antigos. É facilmente perceptível que existe uma necessidade de monitorização de patologia relativa às redes prediais e todos os seus dispositivos.

A água não potável resultante de sistemas de aproveitamento pluvial e residual deve ser monitorizada, efectuando-se análises periódicas, apurando-se assim a sua qualidade e a conformidade com os parâmetros regulamentares.

4.1.6. PROCEDIMENTOS DE UTILIZAÇÃO

Os procedimentos de utilização, dentro de um edifício, conseguem aumentar facilmente a eficiência do consumo. O princípio é simples e de fácil percepção, quanto menos água potável for consumida maior é a eficiência. Existem inúmeros procedimentos que podem ser aplicados por cada um de nós na vida quotidiana, no entanto estes procedimentos devem partir de cada um, correspondendo a medidas activas, que não são objecto de estudo neste trabalho.

Uma medida para reduzir os consumos de água nos edifícios de habitação é a consciencialização da população para este problema. À semelhança do que tem sido feito a nível nacional em termos de campanhas de sensibilização nos aspectos relacionados com a reciclagem dos lixos domésticos, que ao que tudo indica têm vindo a obter um assinalável êxito, também no caso dos níveis de consumo e desperdício de água potável, se sugere a tomada de medidas do mesmo tipo, segundo Pedroso [26].

Para além das campanhas de sensibilização, as quais se deverão basear no incentivo à redução do consumo e do desperdício, deverão ainda ser tomadas medidas de incentivo à instalação de dispositivos que conduzam à redução dos consumos, bem como a introdução de sistemas de aproveitamento das águas pluviais e de reutilização de alguns tipos de águas

residuais domésticas, sendo, nestes dois últimos casos, necessário proceder à alteração e introdução de alguns requisitos regulamentares no sentido de tornar viável a criação nos edifícios de sistemas de distribuição de água não potável [26].

Complementarmente, o custo da cubicagem de água potável consumida deveria ser penalizado nos casos em que os consumos verificados ultrapassem os níveis considerados como indispensáveis para uma boa qualidade de vida e a garantia da saúde pública. Considera-se ainda que este acréscimo de custos da água consumida deverá ser utilizado no fomento das medidas atrás mencionadas [26].

No *Anexo B* - Quadro B.33 a B.36, encontram-se as 50 medidas que se destinam ao sector urbano que constam do Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água, e que permitem uma melhor utilização do recurso água. As medidas apresentadas no PNUEA são generalistas, mas englobam as várias vertentes do uso de água, reflectindo os vários procedimentos de utilização que devem ser tidos em conta para um aumento da eficiência do uso de água dentro das habitações, e foram tidas em consideração como elemento de suporte e validação das actividades propostas no presente capítulo.

4.2. QUADRO RESUMO APLICÁVEL ÀS FASES DO CICLO DE VIDA DO EDIFÍCIO

Com vista a resumir todos os processos de implementação de sistemas e procedimentos conduzindo a uma maior eficiência no uso de água em edifícios, criou-se o Quadro 4.31 de forma a discriminar sucintamente as actividades por fase de intervenção no ciclo de vida dos edifícios.

Quadro 4.31 – Metodologia de implementação de sistemas eficientes de consumo de água em edifícios unifamiliares e multifamiliares

Fases de Intervenção	Actividade
Programa	Definição clara de usos e actividades Definição do nível de conforto ambiental (água) Definição do nível de eficiência hídrica Definição de requisitos socioeconómicos
Projecto	Localização geográfica Estudo da pluviosidade Estudo da geometria da forma Concepção da solução estética Adopção de soluções passivas para o aumento da eficiência do consumo de água e conforto ambiental Estudo de viabilidade de implementação de sistemas Seleccção de materiais ou componentes com baixa quantidade de água incorporada Seleccção de aparelhos sanitários e de dispositivos de utilização mais eficientes Descrição criteriosa de processos, consumos e rótulos de certificação de implementação de equipamentos Estimativa do conforto ambiental Adopção e compatibilização do sistema construtivo Sistema construtivo detalhado e exacta compatibilidade entre as especialidades do projecto Simulação e avaliação do sistema construtivo
Construção	Processo construtivo rigoroso e detalhado Adopção de rotinas de execução sustentáveis Adopção de rotina de acompanhamento sistemático das diferentes fases de construção Minimização dos impactos ambientais temporários Critério de selecção de produtos e materiais de construção Estudo de soluções alternativas ao sistema construtivo Seleccção preferencial de eco-materiais Sistemas de recolha de águas pluviais Instalação de dispositivos de redução e controlo do fluxo de água Consciencialização dos trabalhadores com o objectivo de reduzir os consumos de água
Utilização	Elaboração de manual de utilização dos edifícios Elaboração de listagens de materiais, produtos e fornecedores Controlo do uso dos espaços Controlo de usos e actividades Procedimentos de utilização
Manutenção	Definição de rotinas e procedimentos Elaboração de manual de procedimentos de manutenção Controlo e execução periódica
Monitorização	Informação da eficiência hídrica verificada Levantamentos periódicos de patologia Análises periódicas da qualidade da água de sistemas de aproveitamento pluvial e residual Correcção em futuras intervenções

5. CONCLUSÕES

O problema da água é uma constante nos dias que correm, é um problema da população mundial e deve ser resolvido rapidamente. No decurso deste trabalho ficou implícito esse mesmo problema e as suas implicações no futuro de todos nós.

Apesar de Portugal não estar no topo da classificação dos países em risco de stress hídrico, verificou-se que existem perdas monetárias significativas para o país devido à captação, tratamento e distribuição de águas urbanas. Desta forma, o trabalho desenvolvido nesta tese debruçou-se principalmente em diagnosticar os problemas e encontrar algumas soluções que visem reduzir o consumo de água em edifícios.

Sabe-se que o consumo urbano tem uma parcela importante de perdas, que correspondem a sensivelmente 40% da água captada, estas perdas não foram objecto de estudo exaustivo, no entanto fica aqui a nota de que o consumo de água pode ser reduzido significativamente se forem reduzidas as perdas do sistema de distribuição.

Do Plano Nacional para o Uso Eficiente de Água em Edifícios foi retirada a fórmula que permitiu avaliar a eficiência do consumo de água dentro dos edifícios. A eficiência estudada teve como base consumos médios estimados de Portugal no sector urbano, não correspondendo aos consumos reais nos edifícios. Acontece que parte da água que é captada não serve a população de Portugal e que os hábitos de consumo dessa população são muito variáveis. Assim sendo, os valores apresentados são meramente qualitativos e não representam os reais, podendo de qualquer forma ser analisados de modo a retirar conclusões sobre os consumos de água e os potenciais de aproveitamento de água nos edifícios.

Verifica-se que a eficiência média dentro dos edifícios ronda os 33% para edifícios unifamiliares e 42% para edifícios multifamiliares, o que significa que existem gastos consideráveis de água potável. Partindo desta premissa foram analisados os dispositivos eficientes no mercado e de que forma conseguem reduzir o consumo de água. Foram analisadas também as soluções de aproveitamento de águas pluviais e águas residuais com o intuito de apurar quais as soluções mais eficientes.

Obteve-se então que o uso de dispositivos mais eficientes é uma medida que consegue aumentar a eficiência nos edifícios, verifica-se que o aumento é mais significativo no caso de edifícios multifamiliares, aumentando a eficiência do consumo de 42% para 60%. Esta medida é passível de ser implementada em edifícios antigos, com alguma facilidade.

O aproveitamento de águas pluviais é uma forma de utilização de água em dispositivos e usos exteriores que demonstrou aumentar a eficiência em edifícios unifamiliares de 33% para 63%, demonstrando que esta é uma boa hipótese para reduzir o consumo de água potável.

Nos edifícios multifamiliares fez-se a mesma análise, constatando que aproveitamentos de água desta natureza poderão não ter ganhos significativos, visto que o rácio entre as áreas de captação e o número de habitantes destes edifícios ser muito reduzido.

Foram analisadas medidas de reaproveitamento de águas cinzas, constatando-se que a utilização de E.T.A.R. para este efeito não é conveniente, pois estas infra-estruturas estão localizadas longe do edificado e seria necessária a construção de condutas próprias para águas reaproveitadas. Por outro lado as E.T.A.R. recebem os dois tipos de águas, cinzas e negras, que requerem tratamento diferenciado. Mas a utilização do processo rizosférico para a reutilização das águas cinzas demonstra excelentes resultados, pois os custos de implementação e manutenção são reduzidos e comprova-se que a qualidade da água de saída permite que seja utilizada nos autoclismos e regas de espaços verdes. O estudo verificou que a implementação destes processos consegue aumentar a eficiência do consumo de água nos edifícios unifamiliares e multifamiliares, conduzindo a ganhos de eficiência de 33% para 56% no caso dos edifícios unifamiliares e de 42% para 56% nos edifícios multifamiliares. Porém, prevê-se que é uma medida a ser posta em prática preferencialmente em edifícios multifamiliares pois nos edifícios unifamiliares poderá ser vantajosamente substituída pelo aproveitamento de águas pluviais.

Da análise que se efectuou para a implementação dos sistemas e dispositivos descritos anteriormente durante as várias fases do ciclo de vida dos edifícios habitacionais, conclui-se que a fase de projecto é uma fase bastante importante para o aumento da eficiência do consumo de água, sendo que a fase de construção e utilização têm a eficiência do consumo afectada pelos procedimentos dos utilizadores, devendo estes ser consciencializados e alertados para o facto de existirem consumos de água que podem ser reduzidos.

Conclui-se também que a fase de manutenção não deve ser desprezada de modo a garantir uma eficiência constante durante todo o ciclo de vida, pois é nesta fase que ocorrem rupturas e desperdícios significativos de água potável. Referiu-se a importância que a monitorização tem para a avaliação da eficiência do consumo de água, com especial atenção à monitorização da qualidade da água proveniente de sistemas de aproveitamento de águas residuais.

Este trabalho termina com um quadro resumo de actividades, discriminadas por fase de intervenção em todo o ciclo de vida de um edifício, com o objectivo de aumentar a eficiência em todos os edifícios do parque habitacional.

6. DESENVOLVIMENTO FUTURO

O estudo dos consumos de água em edifícios está longe de estar concluído. Esta é uma área que envolve diversos factores e que pode ser abordada de várias formas.

Sendo as perdas a parcela que representa maiores consumos de água no sector urbano, deve-se estudar e solucionar este problema rapidamente. Um exemplo que seria importante abordar seria o estudo de custo versus benefício da substituição de tubagens de distribuição de água nas grandes cidades.

Recomenda-se como continuação deste trabalho o estudo dos custos de implementação e de viabilidade de sistemas de aproveitamento pluvial em edifícios unifamiliares, bem como o estudo de implementação e viabilidade de sistemas de reutilização de águas residuais em edifícios multifamiliares. O foco maior desse estudo deve consistir em apurar quais os métodos mais eficazes de aproveitamento de águas residuais, assim como os impactos que essa reutilização têm na sociedade, pois se a água residual for reutilizada, a percentagem de água que é lançada ao mar desce consideravelmente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] - Pinheiro, Manuel Duarte. (2006). *Ambiente e Construção Sustentável*. Amadora: Instituto do Ambiente.
- [2] - Brundtland, Gro Harlem. (1987). *Our Common Future*. United Nations.
- [3] - UNEP. (2002). *Global Environment Outlook 3*. London: Earthscan Publications Ltd.
- [4] - Boberg, Jill. (2005). *Liquid assets: how demographic changes and water management policies affect freshwater resources*. Rand Corporation.
- [5] - OECD. (2006). *Improving Water Management : Recent OECD Experience*.
- [6] - Alcamo, Joseph; Doll, Petra; Kaspar, Frank; Siebert, Stefan. (1997). *Global change and global scenarios of water use and availability: An Application of WaterGAP1.0*. Germany: Center for Environmental Systems Research (CESR).
- [7] - UNEP. (2008). *Vital Water Graphics - An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters*. Nairobi, Kenya.
- [8] - Canha, C. N. S. (2008). O USO EFICIENTE DA ÁGUA NO SECTOR URBANO - Identificação de oportunidades e medidas nas entidades gestoras. *Tese de Mestrado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa*.
- [9] - RASARP. (2008). *Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal - Volume 1 Caracterização Geral do Sector*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos.
- [10] - CADC. (2007). *Comissão para a Aplicação e o Desenvolvimento da Convenção sobre a Cooperação para a Protecção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas*. Obtido de <http://www.cadc-albufeira.org/pt/cuencas.html>
- [11] - Correia, Francisco Nunes. (2007). *Seminário - Água: Uma Responsabilidade de Todos*. Universidade Internacional Menéndez Pelayo: Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- [12] - Eurostat. (2007). *Consumers in Europe - Facts and figures on services of general interest*. Luxembourg: European Communities.
- [13] - INSSAR. (2009). *RELATÓRIO DO ESTADO do Abastecimento de Água e Drenagem e Tratamento de Águas Residuais*. INSAAR.
- [14] - Baptista, Jaime Melo. (2001). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água*. Lisboa: INAG.
- [15] - Almeida, Maria Céu; Vieira, Paula; Ribeiro, Rita. (2006). *Uso Eficiente da Água no Sector Urbano*. IRAR, INAG, LNEC.

- [16] - Instituto do Ambiente com a colaboração da Universidade do Algarve. (2005). *Relatório do Estado do Ambiente 2004*. Instituto do Ambiente.
- [17] - INE. (2001). *Censos 2001: Inquérito de Qualidade - Primeiros Resultados*. Instituto Nacional de Estatística (INE).
- [18] - Coimbra, Carla. (1998). *Regimes de Ocupação - Uma Análise dos Padrões Regionais do Parque Habitacional*. Instituto Nacional de Estatística (INE).
- [19] - INE Estatísticas. (2010). *Alojamentos familiares clássicos*. Obtido de PORDATA: <http://www.pordata.pt>
- [20] - Teixeira, T. A. G.;. (2009). REABILITAÇÃO SUSTENTÁVEL DE EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS. *Tese de Mestrado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa*.
- [21] - Amado, M. P.; Júlia, A. J.; Santos, C. V.;. (2007). O Processo Na Construção Sustentável. Austrália.
- [22] - Amado, M. P.;. (2001). Conservação Energética em Edifícios de Habitação e o Nível de Conforto Ambiental. *CONSTRUÇÃO 21 - Congresso Nacional da Construção*, pp. 1001-1012.
- [23] - Mateus, R. S.;. (2004). Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção. *Tese de Mestrado da Universidade do Minho*.
- [24] - Junnila, Seppo; Horvath, Arpad. (2003). Life-Cycle Environmental Effects of an Office Building. *Journal of Infrastructure Systems*, 157-166.
- [25] - Poças Martins, Joaquim. (2010). *Sustentabilidade, Mudança, Perdas - Eficiência Hídrica em Edifícios e Espaços Públicos*. Aveiro.
- [26] - Pedroso, Victor M. R. (2009). *Medidas para um Uso Mais Eficiente da Água nos Edifícios*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- [27] - Leis, decretos, etc. (1995). *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (Decreto-Regulamentar n.º 23/95)*. Lisboa.
- [28] - Gleick, Peter H; IWRA, M. (1996). Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. *Water International*, 83-92.
- [29] - Neves, Mário Valente. *Algumas Sugestões Relativas à Gestão da Água na Região do Porto*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

- [30] - Rodrigues, Carla Pimentel; Afonso, Armando Silva. (2008). A implementação da certificação de eficiência hídrica de produtos em Portugal. Uma iniciativa para a sustentabilidade. *Congresso de Inovação na Construção Sustentável*.
- [31] - Afonso, Armando Silva. (2008). Repensar o uso da água no ciclo predial. Contributos para a sustentabilidade. *Congresso de Inovação na Construção Sustentável*.
- [32] - Afonso, Armando Silva. (2009). *Uso Eficiente da Água no Sector Residencial*. Faro.
- [33] - Lima, M. Isabel P.; Marques, Ana C.; Lima, João L. M. P. (2005). Análise de tendência da precipitação anual e mensal no período 1900-2000, em Portugal Continental. *TERRITORIUM*.
- [34] - Katalog R 28 Carat PT. (2010). *Sistemas de recuperação de água da chuva*.
- [35] - VIRGINIA WATER RESOURCES RESEARCH CENTER. (2004). THE USE OF GRAY WATER AS A WATER CONSERVATION METHOD. In J. A. Poff, *VIRGINIA WATER RESEARCH SYMPOSIUM 2003 WATER RESOURCE MANAGEMENT FOR THE COMMONWEALTH*.
- [36] - Kickuth, Reinhold. *Processo de Tratamento Rizosférico Segundo o Professor Kickuth*. Portugal: ETARPLAN, S.A. - Estações de Tratamento de Águas Residuais através de Plantas.
- [37] - Lindstrom, C.;. (2000). *Greywater pollution*. Obtido em Novembro de 2010, de <http://www.greywater.com/>
- [38] - Adesão. (2010). Filtros Rizosféricos - Tratamento de água, efluentes e esgoto com tecnologia verde. *Adesão - Associação Pró Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental de São Roque, Araçariguama, Mairinque e Região*.
- [39] - Amado, M. P. (2005). Construção Sustentável (Eco-Construção). *Pós-Graduação em território, Desenvolvimento Sustentável e Agenda 21 da FCT/UNL*.

ANEXOS

ANEXO A – Edifícios Concluídos, segundo o Tipo de Obra e Destino da Obra, em Portugal, por NUTS II – 2002 a 2008, citado por Teixeira [20]

Quadro A.32 - Edifícios Concluídos, segundo o Tipo de Obra e Destino da Obra, em Portugal, por NUTS II – 2002 a 2008 [20]

Ano	Região	Construção Nova	Ampliação	Alteração	Reconstrução
2008	P	35748	5160	1313	1361
	ALEN	2773	546	215	81
	ALG	2384	412	68	42
	C	10199	1506	297	406
	L	4860	692	358	10
	N	13424	1568	353	795
	M	914	207	1	3
	AÇ	1194	229	21	24
2007	P	33946	5036	1144	1370
	ALEN	2925	528	205	52
	ALG	2285	483	79	31
	C	9551	1352	252	448
	L	5002	863	344	10
	N	12219	1307	255	791
	M	875	188	0	2
	AÇ	1089	315	9	36
2006	P	29687	4200	946	1308
	ALEN	2809	527	178	66
	ALG	2295	363	63	30
	C	8408	1124	300	499
	L	4316	648	192	8
	N	9854	1060	195	674
	M	969	236	2	5
	AÇ	1036	242	16	26
2005	P	33736	4228	965	1490
	ALEN	3083	564	241	88
	ALG	2867	347	80	29
	C	9719	1196	282	560
	L	4273	585	101	7
	N	11601	1062	226	752
	M	1096	239	8	5
	AÇ	1097	235	27	49
2004	P	32576	3830	1088	1716
	ALEN	2928	545	268	96
	ALG	2229	332	80	45
	C	9720	1093	321	621
	L	4142	335	137	11
	N	11674	1083	240	881
	M	975	225	2	13
	AÇ	908	217	40	49
2003	P	40594	4165	1157	2231
	ALEN	3493	576	256	128
	ALG	2705	374	96	35
	C	12029	1194	399	872
	L	4675	211	157	29
	N	15394	1274	237	1092
	M	1165	281	3	10
	AÇ	1133	255	9	65
2002	P	46540	4349	916	2615
	ALEN	3840	606	213	175
	ALG	3024	387	56	34
	C	13719	1295	365	1093
	L	5997	168	67	55
	N	17648	1476	184	1135
	M	1242	233	17	28
	AÇ	1070	184	14	95

Legenda:

P – Portugal; N – Norte; ALG – Algarve; C – Centro; L – Lisboa; ALEN – Alentejo; AÇ – Açores; M – Madeira.

ANEXO B - Medidas do Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água [14]

Quadro B.33 – Medidas do PNUEA ao nível dos sistemas públicos [14]

Redução de consumos de água
Optimização de procedimentos e oportunidades para o uso eficiente da água
Redução de pressões no sistema público de abastecimento
Utilização de sistema tarifário adequado
Utilização de águas residuais urbanas tratadas
Redução de perdas de água
Redução de perdas de água no sistema público de abastecimento

Quadro B.34 – Medidas do PNUEA ao nível dos sistemas prediais e de instalações colectivas [14]

Redução de consumos de água
Redução de pressões no sistema predial de abastecimento
Isolamento térmico do sistema de distribuição de água quente
Reutilização ou uso de água de qualidade inferior
Redução de perdas de água
Redução de perdas de água no sistema predial de abastecimento

Quadro B.35 – Medidas do PNUEA ao nível dos dispositivos em instalações residenciais, colectivas e similares [14]

Autoclismos
Adequação da utilização de autoclismos
Substituição ou adaptação de autoclismos
Utilização de bacias de retrete sem uso de água
Utilização de bacias de retrete por vácuo
Chuveiros
Adequação da utilização de chuveiros
Substituição ou adaptação de chuveiros
Torneiras
Adequação da utilização de torneiras
Substituição ou adaptação de torneiras
Máquinas de lavar roupa
Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar roupa
Substituição de máquinas de lavar roupa
Máquinas de lavar louça
Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar louça
Substituição de máquinas de lavar louça
Urinóis
Adequação da utilização de urinóis
Adaptação da utilização de urinóis
Substituição de urinóis
Sistemas de aquecimento e refrigeração de ar
Redução de perdas e consumos em sistemas de aquecimento e refrigeração de ar

Quadro B.36 – Medidas do PNUEA ao nível dos usos exteriores [14]

Lavagem de pavimentos
Adequação de procedimentos na lavagem de pavimentos
Utilização de limpeza a seco de pavimentos
Utilização de água residual tratada na lavagem de pavimentos
Lavagem de veículos
Adequação de procedimentos na lavagem de veículos
Utilização de dispositivos portáteis de água sob pressão na lavagem de veículos
Recirculação de água nas estações de lavagem de veículos
Jardins e similares
Adequação da gestão da rega em jardins e similares
Adequação da gestão do solo em jardins e similares
Adequação da gestão das espécies plantadas em jardins e similares
Substituição ou adaptação de tecnologias de rega em jardins e similares
Utilização de água da chuva em jardins e similares
Utilização de água residual tratada em jardins e similares
Piscinas, lagos e espelhos de água
Adequação de procedimentos em piscinas
Recirculação da água em piscinas, lagos e espelhos de água
Redução de perdas em piscinas, lagos e espelhos de água
Redução de perdas por evaporação em piscinas
Utilização de água da chuva em lagos e espelhos de água
Campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio
Adequação da gestão da rega, do solo e das espécies plantadas em campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio
Utilização de água da chuva em campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio
Utilização de água residual tratada em campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio